



DIPLOMARBEIT

Herr Ing.
Christian Wagner

**Bedarfsprognose und Sicherheits-
bestand als Werkzeuge zur optimalen
Ersatzteilversorgung am Beispiel eines
europäischen
Baumaschinenherstellers**

Inzing, 2012

Diplomarbeit

Bedarfsprognose und Sicherheits- bestand als Werkzeuge zur optimalen Ersatzteilversorgung am Beispiel eines europäischen Baumaschinenherstellers

Autor:
Herr Ing.

Christian Wagner

Studiengang:
Wirtschaftsingenieurwesen

Seminargruppe:
KW08W2IA

Erstprüfer:
Prof. Dr. Dr. h.c. Hartmut Lindner

Zweitprüfer:
Prof. Dr. rer. pol. Gunnar Köbernig

Einreichung:
Inzing, 23.05.2012

Verteidigung/Bewertung:
Innsbruck, 2012

Bibliografische Beschreibung:

Wagner, Christian:

Bedarfsprognose und Sicherheitsbestand als Werkzeuge zur optimalen Ersatzteilversorgung am Beispiel eines europäischen Baumaschinenherstellers. - 2012. - VII, 83, III S.

Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Wirtschaftswissenschaften, Diplomarbeit, 2012

Referat:

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit Methoden zur Berechnung von Bedarfsprognosen und des Sicherheitsbestandes. An die Ersatzteilbewirtschaftung wird neben der Anforderung der Verfügbarkeit auch die Anforderung eines wirtschaftlich verträglichen Lagerbestandes gestellt. Es werden mehrere Methoden zur Berechnung vorgestellt und mittels Beispielen auf deren Anwendbarkeit im Unternehmen untersucht. Um bestmögliche Ergebnisse der Berechnungen zu erzielen, müssen grundlegende Daten gepflegt werden. Diese Grundlagen werden ebenfalls vorgestellt. Zusätzlich werden noch Verbesserungspotentiale bei der Ersatzteilbewirtschaftung im Unternehmen aufgezeigt und mögliche Konsequenzen aus den Ergebnissen dieser Arbeit abgeleitet.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	II
Tabellenverzeichnis	III
Abkürzungsverzeichnis	IV
 1. Vorstellung Unternehmen	- 1 -
1.1. Geschichte der Firmengruppe Liebherr	- 1 -
1.2. Organisation und Produkte der Firmengruppe	- 4 -
1.3. Zahlen und Fakten zur Firmengruppe	- 13 -
1.4. Die Liebherr-Werk Telfs GmbH.....	- 15 -
 2. Grundlagen für Bedarfsprognosen	- 18 -
2.1. Bedarfsarten	- 18 -
2.2. Verbrauchsverläufe.....	- 22 -
2.2. Bedarfsplanung, ABC-XYZ-Analyse	- 24 -
2.3. Deterministische und stochastische Bedarfsermittlung.....	- 29 -
2.4. Prognosen in der Ersatzteilbevorratung	- 32 -
 3. Möglichkeiten der stochastischen Bedarfsermittlung	- 36 -
3.1. Ausgangssituation bei der LWT	- 36 -
3.2. Prognoseberechnung mittels ausgewählter Verfahren	- 40 -
3.2.1. Arithmetischer / gleitender / gewichteter Mittelwert.....	- 42 -
3.2.2. Exponentielle Glättung 1. Ordnung	- 46 -
3.2.3. Lineare Regression.....	- 51 -
3.2.4. Zeitreihenanalyse	- 56 -
 4. Der Sicherheitsbestand in der Ersatzteilversorgung	- 63 -
4.1. Bestandsarten / Bestandsverläufe	- 64 -
4.2. Sicherheitsbestand, welche Bedeutung hat er?	- 66 -
4.3. Berechnung des Sicherheitsbestandes.....	- 68 -
4.3.1. Überschlagsverfahren.....	- 69 -
4.3.2. Berechnung mittels statistischer Angaben	- 70 -
 5. Ökonomische Nutzen für die Ersatzteilbevorratung	- 73 -
5.1. Optimierung Bestellabwicklung	- 73 -
5.2. Bestandsoptimierung	- 75 -
5.3. Erhöhung Verfügbarkeit	- 77 -
5.4. Ergebnis und Konsequenzen	- 79 -
5.5. Ausblick auf die zukünftige Ersatzteilversorgung im Unternehmen.....	- 82 -
 Literaturverzeichnis	V
 Anhang	VIII
Anhang 1	VIII
Anhang 2	X
 Selbstständigkeitserklärung	XI

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Liebherr Turmdrehkran TK10	- 2 -
Abbildung 2: Entwicklung Mitarbeiterstand bis 1978.....	- 3 -
Abbildung 3: Sitz der Liebherr-International AG, Bulle/Schweiz	- 5 -
Abbildung 4: Das Produktspektrum der Firmengruppe	- 6 -
Abbildung 5: Umsatz nach Produktgruppen in Mio. Euro.....	- 6 -
Abbildung 6: Werksgelände der LHB	- 8 -
Abbildung 7: Mobilbagger A924	- 8 -
Abbildung 8: Werksgelände der LFR	- 9 -
Abbildung 9: Raupenbagger R944.....	- 9 -
Abbildung 10: Werksgelände der LEC	- 10 -
Abbildung 11: Raupenbagger R9800	- 10 -
Abbildung 12: Werksgelände der LME.....	- 11 -
Abbildung 13: Muldenkipper T282C	- 11 -
Abbildung 14: Werksgelände der LBH	- 12 -
Abbildung 15: Radlader L576	- 12 -
Abbildung 16: Umsatz der Firmengruppe nach Absatzregionen 2010 in Mio. Euro	- 14 -
Abbildung 17: Mitarbeiterverteilung nach Ländern/Kontinenten 2010.....	- 14 -
Abbildung 18: Werksgelände der LWT	- 15 -
Abbildung 19: PR764, größte hydrostatisch angetriebene Planierraupe der Welt	- 16 -
Abbildung 20: Laderaupe LR634	- 17 -
Abbildung 21: Rohrleger RL44.....	- 17 -
Abbildung 22: Teleskoplader TL451-10	- 17 -
Abbildung 23: Materialbedarfsarten	- 19 -
Abbildung 24: typische Verbrauchsverläufe	- 23 -
Abbildung 25: Wert- und Mengenverteilung bei der ABC-Analyse.....	- 26 -
Abbildung 26: Graphische Darstellung der ABC-Analyse	- 26 -
Abbildung 27: ABCXYZ-Analyse.....	- 28 -
Abbildung 28: Methoden der Bedarfsermittlung	- 29 -
Abbildung 29: Verfahren der Materialbedarfsplanung.....	- 31 -
Abbildung 30: Wirtschaftlichkeit Reparatur mit Maschinenalter	- 34 -
Abbildung 31: Prognoseverfahren in Abhängigkeit vom Bedarfsverlauf	- 41 -
Abbildung 32: Eckschneiden Planierraupe	- 48 -
Abbildung 33: Lineare Regression	- 52 -
Abbildung 34: Berechnungsformeln lineare Regression	- 53 -
Abbildung 35: Grafik Ergebnis Berechnung lineare Regression	- 56 -
Abbildung 36: Diagramm Verbrauch und gleitender Durchschnitt 4. Ordnung	- 60 -
Abbildung 37: Bestandsverlauf, Bestandsarten	- 65 -
Abbildung 38: Gaußsche Normalverteilung	- 71 -
Abbildung 39: Formel Standardabweichung	- 71 -
Abbildung 40: Zusammenhang Beschaffungskosten und Lagerkosten	- 76 -

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Sparten und deren Produkte	- 7 -
Tabelle 2: Eckdaten zur Firmengruppe Liebherr	- 13 -
Tabelle 3: Produktprogramm der LWT	- 16 -
Tabelle 4: Berechnung des Nettobedarfs.....	- 21 -
Tabelle 5: Gewichtung Verbräuche anhand von Verbrauchstendenzen	- 37 -
Tabelle 6: Verbrauchszahlen der letzten 12 Monate kumuliert pro Tertiär...	- 38 -
Tabelle 7: Berechnung Bedarf für die nächste Periode.....	- 38 -
Tabelle 8: Definition Variablen für Mittelwertberechnung	- 43 -
Tabelle 9: Berechnung gewichtet, gleitender Mittelwert.....	- 45 -
Tabelle 10: Berechnungsbeispiel Eckschneide links Exponentielle Glättung 1. Ordnung.....	- 49 -
Tabelle 11: Berechnungsbeispiel Eckschneide rechts Exponentielle Glättung 1. Ordnung.....	- 50 -
Tabelle 12: Nebenrechnungen zur linearen Regression	- 54 -
Tabelle 13: Prognoseberechnung mittels linearer Regression.....	- 55 -
Tabelle 14: Ausgangswerte für Zeitreihenanalyse	- 59 -
Tabelle 15: Berechnung Trendkomponente Zeitreihenanalyse	- 60 -
Tabelle 16: Berechnung Saisonkomponente Zeitreihenanalyse	- 61 -
Tabelle 17: Berechnung irreguläre Komponente Zeitreihenanalyse	- 61 -
Tabelle 18: Ergebnis Prognoseberechnung Zeitreihenanalyse.....	- 62 -
Tabelle 19: Daten und Rechengrößen f. Rechenbeispiel Sicherheitsbestand.....	- 72 -
Tabelle 20: Sicherheitsfaktor in Abhängigkeit vom Servicegrad	- 72 -

Abkürzungsverzeichnis

BH	Betriebsstunden
bzw	beziehungsweise
d. h.	das heißt
EDV	Elektronische Daten Verarbeitung
ERP	Enterprise Resource Planning
ET	Ersatzteil
etc	et cetera
Hrsg	Herausgeber
i. a.	im Allgemeinen
Id.	Identnummer
kW	Kilowatt
LBH	Liebherr-Werk Bischofshofen GmbH
LEC	Liebherr-Mining Equipment Colmar SAS
LFR	Liebherr France SAS
LHB	Liebherr Hydraulikbagger GmbH
LLG	Liebherr-Logistics GmbH
LME	Liebherr Mining Equipment Co.
LWT	Liebherr-Werk Telfs GmbH
Max	Maximal
Mio	Millionen
Stk.	Stück
usw.	und so weiter

1. Vorstellung Unternehmen

Eingangs wird die Firmengruppe Liebherr und im Speziellen die Liebherr-Werk Telfs GmbH vorgestellt. Mittels einiger ausgewählter Zahlen und Fakten soll ein Eindruck vom Gesamtunternehmen vermittelt werden. Zur genaueren Vorstellung der Liebherr-Werk Telfs GmbH sollen nicht nur Daten genannt, sondern auch die erzeugten Produkte vorgestellt werden.

1.1. Geschichte der Firmengruppe Liebherr¹

Das Jahr 1949 markierte mit der Gründung der Hans Liebherr Maschinenfabrik in Kirchdorf an der Iller (Deutschland) den Beginn der Erfolgsgeschichte der Firmengruppe Liebherr. Dr. Ing. e.h. Hans Liebherr (1.4.1915 – 7.10.1993), ein Pionierunternehmer im besten Sinne, baute die Firmengruppe aus kleinen Anfängen heraus auf, nachdem er als Baumeister nach der Kriegsgefangenschaft nach Deutschland zurückgekehrt war und die elterliche Baufirma übernommen hatte.

Hans Liebherr erkannte, dass gerade in den Jahren des Wiederaufbaus ein einfach zu verfahrens- und schnell zu errichtender Turmdrehkran benötigt wurde. Mit der Unterstützung eines Konstrukteurs und einiger Schlosser entstand im Jahre 1949 der erste Liebherr-Turmdrehkran. Gewohnt und gearbeitet wurde zu dieser Zeit noch in einem kleinen Holzhaus.

Die ersten Liebherr-Turmdrehkrane (Typ TK10) ließen sich in 2-3 Stunden montieren, während zum Aufbau der damals üblichen Krane mehrere Tage erforderlich waren.

¹ Vgl. Die Geschichte der Firmengruppe, firmeninternes Dokument, 2011, S. 2 ff.

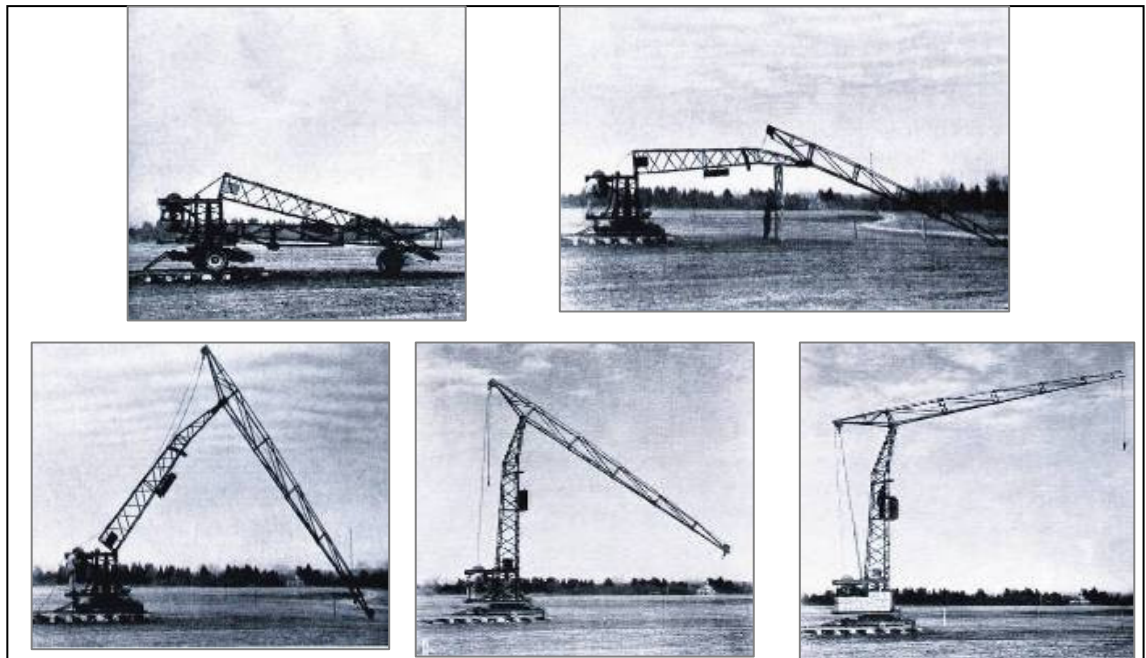


Abbildung 1: Liebherr Turmdrehkran TK10²

Der „Fahrbare Turmdrehkran“ wurde patentiert und auf der Frankfurter Messe vorgestellt, Monate später gingen die ersten Aufträge ein.

Bereits 1950 stellten sich erste Erfolge ein, mit 160 verkauften Kranen wurde ein Umsatz von umgerechnet 1,13 Mio. Euro erzielt.

In den 1950er Jahren wurde nicht nur das Kranprogramm weiter ausgebaut, es wurde auch das Produktprogramm erweitert. Auf Grund der Knappheit von Zahnrädern in den Jahren nach dem Zweiten Weltkrieg wurden Verzahnmaschinen in das Produktprogramm aufgenommen. Auch der Bereich der Baumaschinen wurde erweitert, es kamen Betonmischer und Hydraulikbagger dazu. Weiters stieg man auch in den Produktbereich Kühlschränke, in den 1950er Jahren noch ein wenig verbreitetes Luxusgut, ein. Die Erweiterung des Produktprogramms zog die Gründung neuer Produktionsgesellschaften, alle noch im süddeutschen Raum angesiedelt, nach sich.

² Die Geschichte der Firmengruppe, a.a.O. S. 6

1958 erfolgte mit der Gründung der Liebherr Ireland Ltd in Killarney (Irland) und der Liebherr Africa (Pty.) in Springs (Republik Südafrika) der Schritt zur Internationalisierung.

Nach den ersten 10 Jahren beschäftigte die Firmengruppe bereits 2.392 Mitarbeiter.

Nachdem Liebherr zuerst Flugzeugfahrwerke für das Militär reparierte, folgte 1960 mit der Gründung der Liebherr-Aero-Technik GmbH in Lindenberg (Deutschland) der Einstieg in die Luftfahrtindustrie. Seit 1963 fertigt Liebherr Luftfahrtausrüstungen in Eigenregie.

Nach 20 Jahren gehörten bereits 20 Werke zur Firmengruppe, die insgesamt 5.933 Mitarbeiter beschäftigten.

Der Sprung nach Übersee erfolgte im Jahre 1970 mit der Gründung der Liebherr-America Inc. in Newport News (USA) und wurde 1974 durch die Gründung von Gesellschaften in Kanada und Brasilien fortgesetzt. Nach 30 Jahren war die Firmengruppe bereits in 10 Ländern mit 28 Gesellschaften vertreten und beschäftigte 11.136 Mitarbeiter.

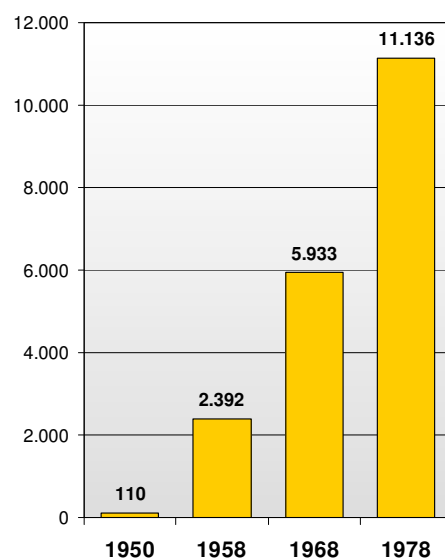


Abbildung 2: Entwicklung Mitarbeiterstand bis 1978³

³ Die Geschichte der Firmengruppe, a.a.O., S. 19

Das Wachstum der Firmengruppe hielt an und in den 1980er Jahren erfolgte eine Expansion in den mittleren Osten und nach Asien.

1983 begann eine Umstrukturierung und die Liebherr-International AG in Bulle (Schweiz) wurde an die Spitze des Gesamtunternehmens gestellt. Bereits hier erfolgte die Weichenstellung für den Generationswechsel an der Konzernspitze. Neben neuen Produktionsstandorten für die bisherigen Produktbereiche, wurden auch Hotels in das Portfolio der Firmengruppe aufgenommen.

Am 7.10.1993 stirbt der Firmengründer, Dr. Ing. e.h. Hans Liebherr, das Unternehmen wird seither von den Geschwistern Dipl.-Kfm. Isolde Liebherr und Dr. h.c. Dipl.-Ing. (ETH) Willi Liebherr geleitet.

Die bis dahin länderorientierte Organisationsform wurde in den Jahren 2002 – 2004 durch eine Umstrukturierung von einer spartenorientierten Firmenstruktur abgelöst. Es werden Spartenobergesellschaften gegründet, die für die operative Führung der Fertigungs- und Vertriebsgesellschaften ihrer jeweiligen Produktbereiche verantwortlich sind. Die verschiedenen Sparten und deren Produkte werden in Kapitel 1.2. vorgestellt.

Das Produktprogramm wird kontinuierlich in Breite und Tiefe erweitert, weshalb auch neue Produktionsstätten gegründet bzw. die Kapazitäten der älteren Standorte laufend erweitert werden. Parallel dazu erfolgt auch ein permanenter Ausbau des weltweiten Vertriebs- und Servicenetzes.

Nach sechs Jahrzehnten seit der Firmengründung wurde von ca. 32.000 Mitarbeitern bereits ein Jahresumsatz von 8,4 Milliarden Euro erwirtschaftet.

1.2. Organisation und Produkte der Firmengruppe

Dezentral aufgebaut, operiert die Firmengruppe mit überschaubaren und eigenverantwortlichen Unternehmenseinheiten.⁴

⁴ Das Produktprogramm der Firmengruppe Liebherr, Informationsbroschüre, Liebherr International AG 2009, S. 1

Dachgesellschaft ist die Liebherr-International AG in Bulle (Schweiz), wobei ausschließlich Mitglieder der Familie Liebherr Gesellschafter der Liebherr-International AG sind.⁵ Die Liebherr-International AG ist an allen zur Firmengruppe gehörenden Gesellschaften direkt oder indirekt zu 100% beteiligt, die Firmengruppe Liebherr ist also heute noch ein Familienunternehmen.⁶



Abbildung 3: Sitz der Liebherr-International AG, Bulle/Schweiz⁷

Die Firmengruppe Liebherr ist heute in den unterschiedlichsten Produktbereichen aktiv.

Neben den Baumaschinen, den Kühl- und Gefriergeräten gehören auch Schiffs- und Bohrinselfräsen für den Offshore-Bereich, Verkehrs- und Luftfahrttechnik, Werkzeugmaschinen, elektrische und hydraulische Komponenten und Dieselmotoren sowie Hotels zu den Tätigkeitsfeldern der Firmengruppe. Einen Überblick über das breitgefächerte Produktprogramm soll Abbildung IV geben.

⁵ Vgl. Das Produktprogramm der Firmengruppe Liebherr, a.a.O.

⁶ Vgl. ebenda

⁷ Produktspektrum und Fertigungsstandorte der Firmengruppe, firmeninternes Dokument, 2011, S. 40



Abbildung 4: Das Produktspektrum der Firmengruppe⁸

Der Bereich der Baumaschinen stellt, gemessen am Umsatz, dabei den größten Unternehmensbereich dar.

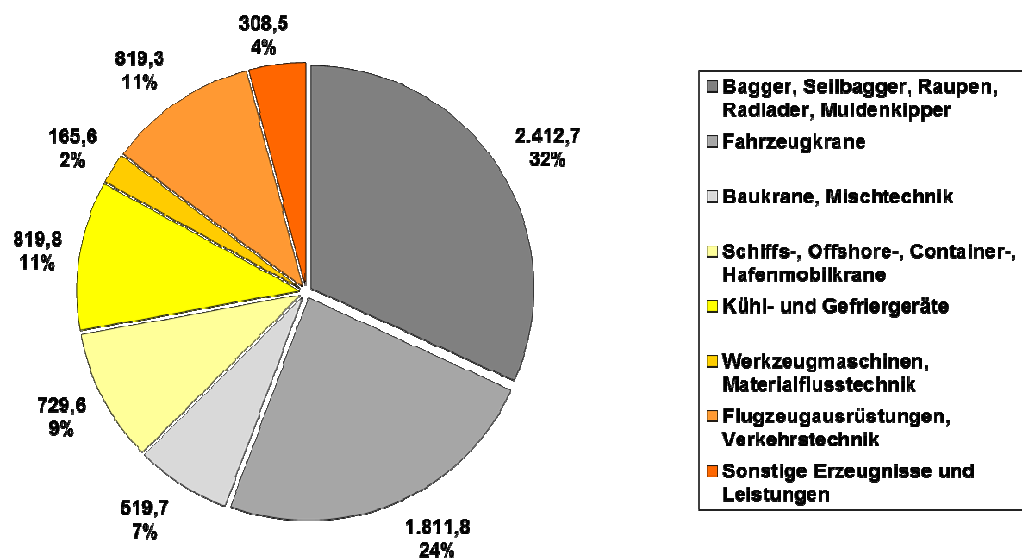


Abbildung 5: Umsatz 2010 nach Produktgruppen in Mio. Euro⁹

Wie eingangs erwähnt, ist die Firmengruppe in überschaubare, eigenverantwortliche Unternehmensbereiche, in insgesamt zehn Sparten, aufgeteilt.

Tabelle 1 soll diese Aufteilung bzw. die Zuordnung der Produkte zu den Sparten darstellen.

⁸ Die Firmengruppe Liebherr, firmeninternes Dokument, 2011, S. 4

⁹ Zahlen und Fakten zur Firmengruppe, firmeninternes Dokument, 2011, S. 3

Sparte	Produkte
Erdbewegung und Mining	Mobilbagger, Raupenbagger, Radlader, Planier- und Laderaupen, Rohrleger, Teleskoplader, Muldenkipper, knickgelenkte Muldenkipper, Hydroseilbagger, Ramm- und Bohrgeräte
Fahrzeugkrane	All-Terrain Mobilkrane, Raupenkrane
Baukrane und Mischtechnik	Baukrane, Schnelleinsatzkrane, Mobilbaukrane, Fahrmischer, Mischanlagen
Maritime Krane	Hafenmobilkrane, Schiffs- und Bohrinselfahrer, Reachstacker, Containerverladebrücken
Hausgeräte	Kühl- und Gefriergeräte für den privaten und gewerblichen Einsatz, Weinschränke
Werkzeugmaschinen und Materialflusstechnik	Verzahnmaschinen, Verzahnwerkzeuge, Handhabungs- und Automatisierungssysteme
Aerospace und Verkehrstechnik	Betätigungssysteme, Klimatisierungssysteme und Fahrwerke für Flugzeuge und Eisenbahn
Komponenten	Diesel- und Gasmotoren, Hydraulikzylinder, Hydraulikmotoren, -pumpen und -ventile, Getriebe, Seilwinden, Elektronische Steuerungen, Großwälzlager
Hotels	Mehrere Hotels
Weitere Gesellschaften	Vertriebs- und Servicegesellschaften in diversen Ländern, Dienstleistungsgesellschaften

Tabelle 1: Sparten und deren Produkte¹⁰

Die vorliegende Arbeit geht im Speziellen auf eine Problemstellung aus dem Bereich der Sparte Erdbewegung und Mining ein, weshalb auch die wichtigsten Produktionswerke aus dieser Sparte und die erzeugten Produkte genauer vorgestellt werden.

¹⁰ Vgl. Das Produktprogramm der Firmengruppe Liebherr, a.a.O. S. 34 f.

Das Stammwerk, die Liebherr-Hydraulikbagger GmbH (LHB), in Kirchdorf/Iller (Deutschland) wurde im Jahre 1949 gegründet und produziert mit 1.670 Mitarbeitern Mobilbagger, Materialumschlaggeräte und die knickgelenkten Muldenkipper¹¹.



Abbildung 6: Werksgelände der LHB¹²

Beispiel für die Produkte der LHB:



Abbildung 7: Mobilbagger A924¹³

¹¹ Produktspektrum und Fertigungsstandorte der Firmengruppe, a.a.O., S. 6

¹² Produktspektrum und Fertigungsstandorte der Firmengruppe, a.a.O., S. 6

¹³ Liebherr Homepage; http://www.liebherr.com/EM/de-DE/region-europe/products_em.wfw/id-529-0/measure-metric; abgefragt am 03.02.2012

Die im Jahre 1961 gegründete Liebherr France SAS (LFR) in Colmar (Frankreich) produziert mit 1.530 Mitarbeitern die Raupenbagger bis 100 Tonnen Einsatzgewicht.



Abbildung 8: Werksgelände der LFR¹⁴

Beispiel für die Produkte der LFR:



Abbildung 9: Raupenbagger R944¹⁵

Im Jahre 2010 erfolgte die Aufteilung der Raupenbaggerproduktion auf die LFR und die Liebherr-Mining Equipment Colmar SAS (LEC), angesiedelt ebenfalls in Colmar (Frankreich). Diese neu gegründete Gesellschaft produziert seit 2010 die Raupenbagger von 100 bis 800 Tonnen Einsatzgewicht, welche

¹⁴ Produktspektrum und Fertigungsstandorte der Firmengruppe, a.a.O., S. 8

¹⁵ Liebherr Homepage; http://www.liebherr.com/EM/de-DE/region-europe/products_em.wfw/id-7909-0/measure-metric; abgefragt am 03.02.2012

hauptsächlich für den Einsatz in Minen und Gewinnungsbetrieben eingesetzt werden.¹⁶



Abbildung 10: Werksgelände der LEC¹⁷

Beispiel für die Produkte der LEC:



Abbildung 11: Raupenbagger R9800¹⁸

Wie bereits in Punkt 1.1. beschrieben, erfolgte 1970 der Sprung nach Übersee, wo sich auch der Produktionsstandort für den größten, diesel-elektrisch angetriebenen Muldenkipper der Welt, den T282C, befindet.

¹⁶ Vgl. Produktspektrum und Fertigungsstandorte der Firmengruppe, a.a.O., S. 8

¹⁷ Produktspektrum und Fertigungsstandorte der Firmengruppe, a.a.O., S. 8

¹⁸ Liebherr Homepage; http://www.liebherr.com/EM/de-DE/region-europe/products_em.wfw/id-14400-0/measure-metric; abgefragt am 03.02.2012

Am Standort Newport News, Virginia (USA) produziert die Liebherr Mining Equipment Co. (LME) auf einer Fläche von 310.000 m² Muldenkipper mit einer Nutzlast bis zu 365 Tonnen.¹⁹



Abbildung 12: Werksgelände der LME²⁰

Beispiel für die Produkte der LME:



Abbildung 13: Muldenkipper T282C²¹

Mit der Vorstellung der weiteren österreichischen Produktionsstandorte der Sparte Erdbewegung und Mining soll die Vorstellung der Produkte der Firmengruppe abgeschlossen werden.

¹⁹ Vgl. Produktspektrum und Fertigungsstandorte der Firmengruppe, a.a.O., S. 10 f.

²⁰ Produktspektrum und Fertigungsstandorte der Firmengruppe, a.a.O., S. 11

²¹ Liebherr Homepage; http://www.liebherr.com/ME/de-DE/products_me.wfw/id-14270-0/measure-metric; abgefragt am 06.02.2012

Die 1960 gegründete Liebherr-Werk Bischofshofen GmbH (LBH) produzierte am Standort Bischofshofen (Österreich) anfänglich Baukrane, wurde aber mit der Einführung des Produktes Radlader zur Produktionsgesellschaft für die komplette Liebherr Radladerpalette.²²



Abbildung 14: Werksgelände der LBH²³

Beispiel für die Produkte der LBH:



Abbildung 15: Radlader L576²⁴

²² Vgl. Produktspektrum und Fertigungsstandorte der Firmengruppe, a.a.O., S. 18

²³ Produktspektrum und Fertigungsstandorte der Firmengruppe, a.a.O., S. 18

²⁴ Liebherr Homepage; [http://www.liebherr.com/EM/de-DE/region-\(europe\)/products_em.wfw/id-7533-0/measure-metric](http://www.liebherr.com/EM/de-DE/region-(europe)/products_em.wfw/id-7533-0/measure-metric); abgefragt am 06.02.2012

Eine weitere Produktionsgesellschaft in Österreich, die zur Sparte Erdbewegung und Mining gehört, ist die Liebherr-Werk Telfs GmbH. Die vorliegende Arbeit befasst sich speziell mit Problemstellungen und Produktbeispielen aus diesem Werk, weshalb dieser Gesellschaft, nachdem noch einige Zahlen und Fakten zur Firmengruppe bekanntgegeben werden, ein eigener Punkt gewidmet wird.

1.3. Zahlen und Fakten zur Firmengruppe

Auch an der Firmengruppe Liebherr ging die weltweite Wirtschaftskrise Ende 2008 nicht spurlos vorbei. Nach Umsatzrückgängen im Jahre 2009 kehrte die Firmengruppe im Jahre 2010 wieder auf den Wachstumskurs zurück und erwirtschaftete einen Umsatz von 7.587 Millionen Euro.²⁵

Nachfolgende Tabelle stellt einige Eckdaten zur gesamten Firmengruppe dar.

Gründungsjahr des Unternehmens	1949
Umsatz der Firmengruppe 2010	7.587 Mio. Euro
Investitionen der Firmengruppe 2010	544,1 Mio Euro
Zahl der Mitarbeiter Ende 2010	32.979

Tabelle 2: Eckdaten zur Firmengruppe Liebherr²⁶

Traditionsgemäß ist der europäische und ganz besonders der westeuropäische Markt der Heim- und somit Kernmarkt für die Firmengruppe, das zeigt auch Abbildung 16 mit der Umsatzverteilung nach Absatzregionen.

Gerade im Baumaschinensegment und in der Sparte Erdbewegung und Mining ist aber eine Verschiebung der Märkte Richtung Osten zu erkennen. Die Firmengruppe Liebherr trägt dieser Entwicklung durch verstärkten Ausbau der Vertriebsstruktur und durch die Gründung neuer Produktionsgesellschaften, wie zum Beispiel in Russland, Rechnung.

²⁵ Vgl. Liebherr Homepage; <http://www.liebherr.com/de-DE/691.wfw>; abgefragt am 06.02.2012

²⁶ ebenda

Die Kernmärkte, die Liebherr groß gemacht haben, werden in diesem Zusammenhang aber auf keinen Fall vernachlässigt.

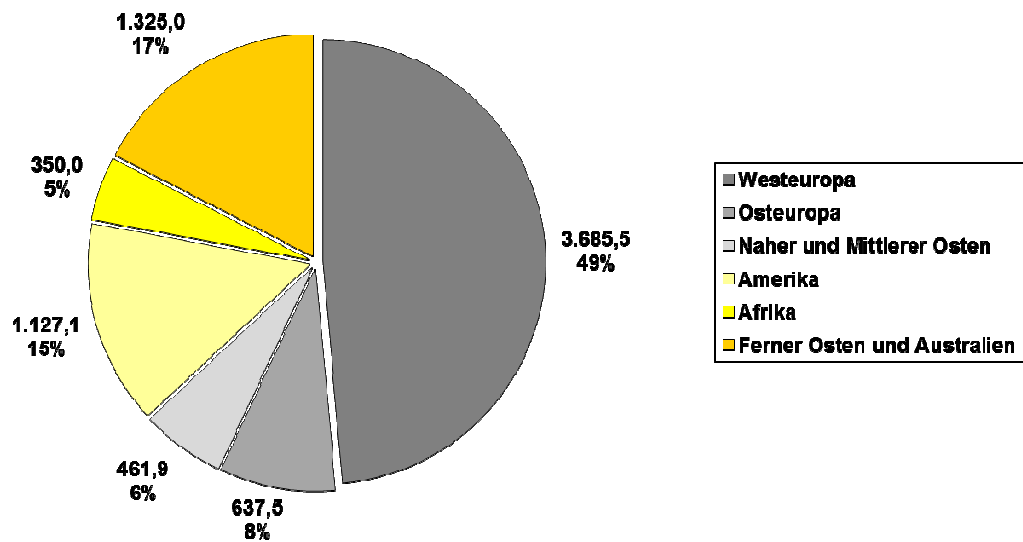


Abbildung 16: Umsatz der Firmengruppe nach Absatzregionen 2010 in Mio. Euro²⁷

Da, wie bereits erwähnt und aus der Geschichte der Firmengruppe ersichtlich, Westeuropa der Heimmarkt für die Firmengruppe ist und die Firmengründung in Deutschland erfolgte, befinden sich in dieser Region auch die meisten der insgesamt über 32.000 Mitarbeiter. Abbildung 17 zeigt die Mitarbeiterverteilung nach geografischen Gesichtspunkten.

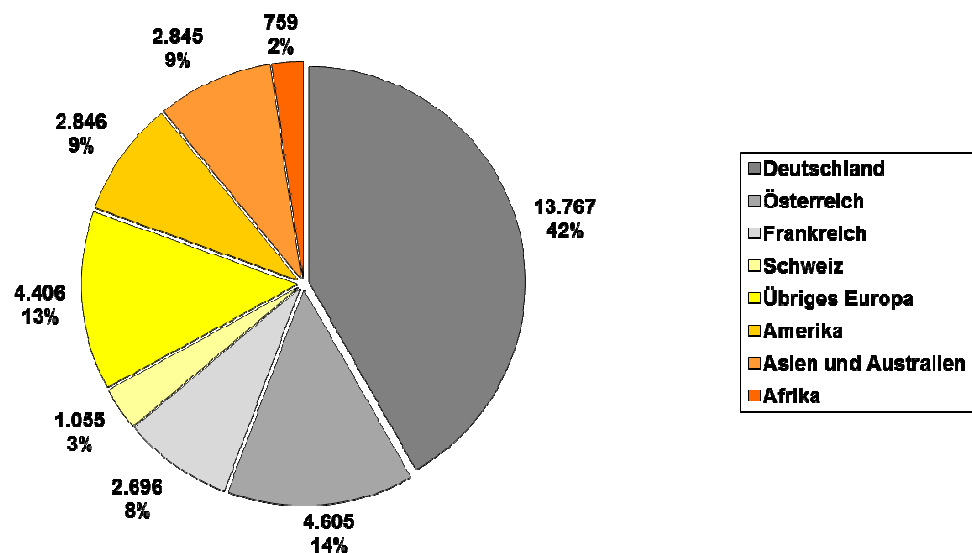


Abbildung 17: Mitarbeiterverteilung nach Ländern/Kontinenten 2010²⁸

²⁷ Zahlen und Fakten, a.a.O., S. 4

²⁸ ebenda; S. 6

1.4. Die Liebherr-Werk Telfs GmbH²⁹

Bereits 1954 begann die Entwicklung von hydrostatisch angetriebenen Planierraupen am Standort der LHB in Kirchdorf. 1977 erfolgte die Gründung der Liebherr-Werk Telfs GmbH (LWT) in Telfs (Österreich), wo seit diesem Zeitpunkt das komplette Produktprogramm der Planierraupen produziert wird. Heute produziert die Liebherr-Werk Telfs GmbH auf einer Fläche von 112.000 m² mit ca. 450 Mitarbeitern das Produktprogramm der Planier- und Laderaupen, der Rohrleger und der Teleskoplader, darunter auch die größte hydrostatisch angetriebene Planierraupe der Welt.³⁰

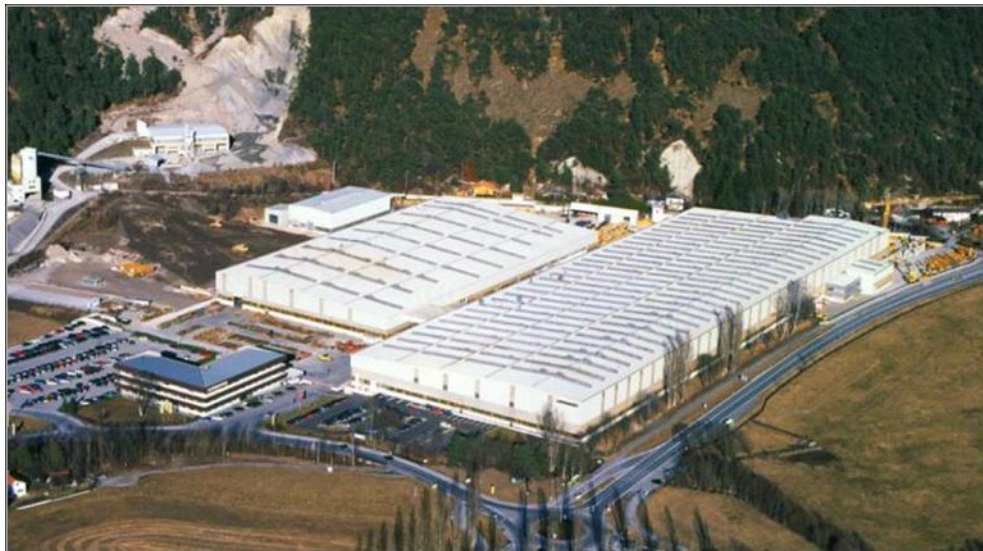


Abbildung 18: Werksgelände der LWT³¹

Die LWT fertigt inzwischen 5 Planierraupentypen, 3 Laderaupentypen, 2 Rohrlegertypen und 4 Teleskopladertypen. Zur Fertigung bei der LWT gehören zwar auch Stahlbau, mechanische Bearbeitung und Lackierung von Einzelteilen, die Kernkompetenz liegt aber in der Montage der Produkte. Die Fertigprodukte der LWT werden weltweit über Liebherr-Vertriebsgesellschaften oder Händler an die Kunden, seien es kleine Bauunternehmen oder große Gewinnungsbetriebe, vertrieben. In weiterer Folge ist die LWT auch für die

²⁹ Vgl. Geschichte LWT, firmeninterne Präsentation, 2006, S. 8 ff.

³⁰ Vgl. Liebherr Homepage; <http://www.liebherr.com/de-DE/35266.wfw>; abgefragt am 08.02.2012

³¹ Produktspektrum und Fertigungsstandorte der Firmengruppe, a.a.O., S. 16

Ersatzteilversorgung ihrer Maschinen auf der ganzen Welt verantwortlich. Im Jahre 2011 erwirtschaftete die LWT einen Gesamtumsatz von 185,5 Mio. Euro.

Planierraupen:	
PR724	Einsatzgewicht: 16,8 – 20,3 Tonnen; Motorleistung: 120 kW
PR734	Einsatzgewicht: 20,4 – 25,0 Tonnen; Motorleistung: 150 kW
PR744	Einsatzgewicht: 24,6 – 31,7 Tonnen; Motorleistung: 185 kW
PR754	Einsatzgewicht: 35,0 – 40,8 Tonnen; Motorleistung: 250 kW
PR764	Einsatzgewicht: 44,2 – 52,7 Tonnen; Motorleistung: 310 kW
Laderaupen:	
LR614	Einsatzgewicht: 11,1 – 12,0 Tonnen; Motorleistung: 72 kW
LR624	Einsatzgewicht: 16,9 – 18,5 Tonnen; Motorleistung: 105 kW
LR634	Einsatzgewicht: 20,7 – 22,7 Tonnen; Motorleistung: 129 kW
Rohrleger:	
RL44	Motorleistung: 175 kW; Hubkraft: 45,9 Tonnen
RL64	Motorleistung: 275 kW; Hubkraft: 90,8 Tonnen
Teleskoplader:	
TL441-10	Max. Hubhöhe: 10 Meter, Max. Traglast: 4,1 Tonnen
TL441-13	Max. Hubhöhe: 13 Meter, Max. Traglast: 4,1 Tonnen
TL451-10	Max. Hubhöhe: 10 Meter, Max. Traglast: 4,9 Tonnen
TL451-13	Max. Hubhöhe: 13 Meter, Max. Traglast: 4,9 Tonnen

Tabelle 3: Produktprogramm der LWT³²

Beispiele für die Produkte der LWT:



Abbildung 19: PR764, größte hydrostatisch angetriebene Planierraupe der Welt³³

³² Vgl. Liebherr Homepage; http://www.liebherr.com/EM/de-DE/region-europe/products_em.wfw/id-1058-0/measure-metric; abgefragt am 08.02.2012



Abbildung 20: Laderaupe LR634³⁴



Abbildung 21: Rohrleger RL44³⁵



Abbildung 22: Teleskoplader TL451-10³⁶

Organisatorisch ist die LWT in vier Bereiche unterteilt, diese sind Vertrieb, Betrieb, Technik und kaufmännischer Bereich.

Im Rahmen des Gesamtunternehmens ist die LWT, wie bereits beschrieben, der Sparte Erdbewegung und Mining zugeordnet.

Anteilseigner der LWT sind zu 99% die Liebherr-EMtec GmbH, die Spartenobergesellschaft der Sparte Erdbewegung und Mining, und zu 1% die Liebherr-International Deutschland GmbH.³⁷

³³ Produktspektrum und Fertigungsstandorte der Firmengruppe, a.a.O., S. 15

³⁴ Vgl. Geschichte LWT, firmeninterne Präsentation, 2006, S. 53

³⁵ Liebherr Homepage; http://www.liebherr.com/EM/de-DE/region-europe/products_em.wfw/id-12266-0/measure-metric, abgefragt am 08.02.2012

³⁶ Liebherr Homepage; http://www.liebherr.com/EM/de-DE/region-europe/products_em.wfw/id-16405-0/measure-metric; abgefragt am 08.02.2012

2. Grundlagen für Bedarfsprognosen

Neben Faktoren wie Leistung, Wirtschaftlichkeit, Ergonomie, ... spielt der Service bei der Kaufentscheidung für eine Baumaschine eine immer größere Rolle. Dazu zählt nicht zuletzt auch die Verfügbarkeit der benötigten Ersatzteile zur richtigen Zeit. Da Schäden an Maschinen, die den Bedarf an Ersatzteilen nach sich ziehen, nicht vorhergesagt werden können, muss in diesem Zusammenhang auf eine andere Art der Bedarfsplanung zurückgegriffen werden. Speziell im Falle der Planung von Ersatzteilbedarfen muss auf die Verbräuche in der Vergangenheit zurückgegriffen werden.

Basierend auf der Hypothese, dass der Verbrauch in der Vergangenheit und der künftige Bedarf von Einflussgrößen abhängt, die zwar im Einzelnen unbekannt, aber prinzipiell gleichbleibend sind, wird hier also verbrauchsorientiert prognostiziert.³⁸

Die ermittelten Prognosewerte sind stets mit zwei Fehlerrisiken behaftet: der Vorhersehbarkeit des zukünftigen Bedarfs und deren adäquate mathematische Modellierung.³⁹

Um in der Lage zu sein, möglichst exakt und unter Berücksichtigung wichtiger Einflussfaktoren zu prognostizieren, müssen eine Reihe von Grundlagen erfüllt sein bzw. im Vorhinein sichergestellt werden. Diese Grundlagen für eine sinnvolle Bedarfsprognose werden in diesem Kapitel erläutert und eingegrenzt.

2.1. Bedarfsarten

Neben den Bedarfen an Fertigerzeugnissen, Einzelteilen, Roh- und Hilfsmaterialien, die aus dem Produktionsprogramm des Industriebetriebs hervorgehen, müssen auch die Bedarfe für Ersatzteile berücksichtigt und korrekt eingeordnet werden. Eine Übersicht über eine mögliche Einordnung bzw. Unterteilung von Bedarfsarten, gibt die nachfolgende Abbildung.

³⁷ Online Firmenbuch www.firmenabc.at: http://www.firmenabc.at/liebherrwerk-telfs-gmbh_ZsL#Firmenbuchdaten; abgefragt am 08.02.2012

³⁸ Vgl. Bea, Dichtl, Schweitzer: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Bd. 3 Leistungsprozess, 8. Auflage; Stuttgart 2002; S. 119

³⁹ Vgl. Kummer Sebastian (Hrsg.), Grün Oskar, Jammernegg Werner: Grundzüge der Beschaffung, Produktion und Logistik; 2. aktualisierte Auflage; München 2009; S. 110

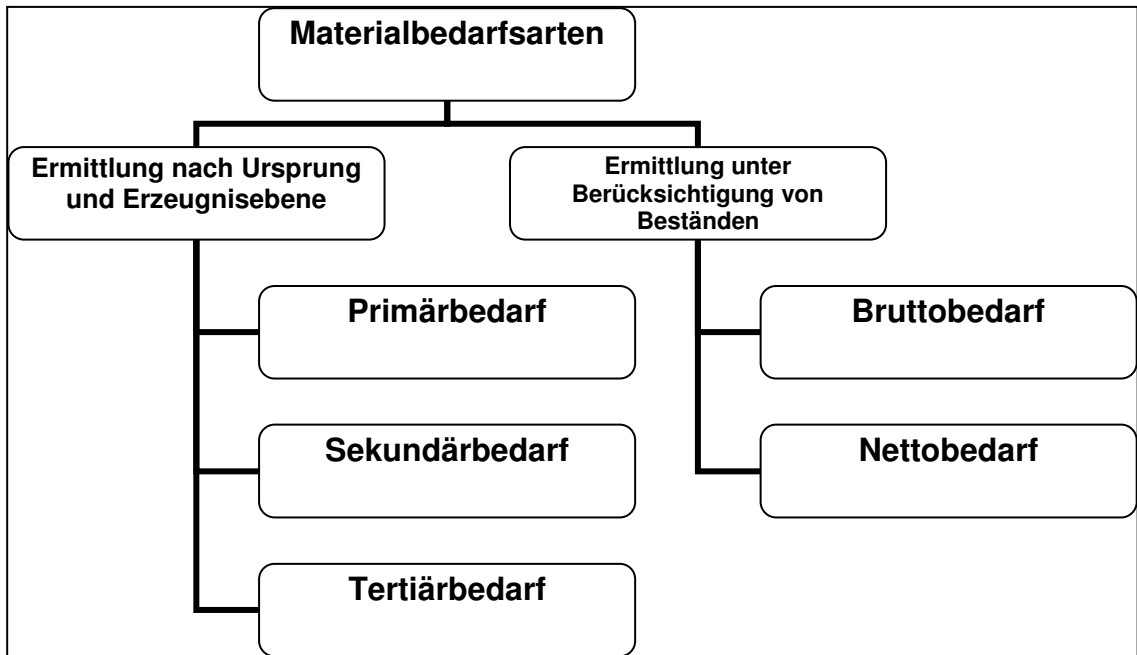


Abbildung 23: Materialbedarfsarten⁴⁰

Der **Primärbedarf** umfasst dabei den Marktbedarf an Erzeugnissen in verkaufsfähigem Zustand, somit auch die Ersatzteile, und ist im Produktionsbetrieb damit der Ausgangspunkt für die Disposition.⁴¹

Aus dem Primärbedarf lässt sich in weiterer Folge der **Sekundärbedarf** ableiten. Unter diesem versteht man das Material und die Zukaufteile, aus denen die Erzeugnisse aus dem Primärbedarf bestehen.

Der Sekundärbedarf umfasst also alle benötigten Teile, Baugruppen und Zukaufteile, die in der Fertigung benötigt werden, um den Primärbedarf decken zu können. Anhand von Stücklisten kann der Bedarf an Bauteilen und -gruppen pro Erzeugniseinheit festgestellt werden. Multipliziert man diesen Bedarf nun mit der benötigten Anzahl an Fertigerzeugnissen, erhält man den Sekundärbedarf.

⁴⁰ Vgl. Wenzel, Fischer, Metze, Nieß: Industriebetriebslehre, Das Management des Produktionsbetriebs; München 2001; S. 210

⁴¹ Vgl. ebenda

Bereits hier zeigt sich, wie wichtig es ist, Ersatzteilbedarfe, die ja dem Primärbedarf zugeordnet werden, möglichst genau zu planen bzw. zu prognostizieren. Lange Lieferzeiten bei Einzelteilen oder Baugruppen erhöhen die Wiederbeschaffungszeit des Fertigerzeugnisses entsprechend. Der Sekundärbedarf ist daher im Hinblick auf die Verfügbarkeit von Ersatzteilen bedeutsam.

Unter dem **Tertiärbedarf** werden alle für die Produktion benötigten, aber nicht direkt dem Erzeugnis zuzuordnenden, Teile und Materialien zusammengefasst. Man spricht in diesem Zusammenhang auch oft von Hilfs- und Betriebsstoffen, Werkzeugen, etc.

Eine wichtige Information, die in die Überlegungen der Disposition einbezogen werden muss, ist der Lagerbestand. Während der **Bruttobedarf** den periodenbezogenen Gesamtbedarf (Primär-, Sekundär- und Tertiärbedarf) darstellt, resultiert der **Nettobedarf** aus dem Bruttobedarf, vermindert um die verfügbaren Lagerbestände.⁴² Um vom Brutto- auf den Nettobedarf zu kommen, ist dieser ebenfalls um den Bestellbestand (die bereits bestellten, aber noch nicht gelieferten Mengen) zu reduzieren.⁴³

Für die Materialdisposition ist der Nettobedarf (Bestellbedarf) jene Größe, die Bestellungen beim Lieferanten bzw. die Produktion von Eigenfertigungsteilen auslöst.

Die folgende Tabelle verdeutlicht die Berechnung der zu bestellenden Menge eines Teils, also den Bestellbedarf.

⁴² Vgl. Hentze Joachim, Heinecke Albert, Kammel Andreas: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre aus Sicht des Managements; Bern 2001; S. 258

⁴³ Vgl. ebenda

1. Sekundärbedarf	Multiplikation von Primärbedarf mit den im Erzeugnis enthaltenen Teilen und Baugruppen
2. + Zusatzbedarf	<ul style="list-style-type: none"> • Ausschussbedingter Mehrverbrauch • Mehrbedarf für Instandhaltungsmaßnahmen • Nebenbedarf für Sonderzwecke
3. = Bruttobedarf	
Voraussetzung für die Berechnung des zweiten Bedarfsbegriffs ist die Integration einer Reihe von definierten Bestandsarten wie:	
4. – (IST)-Lagerbestand	Bestand, der sich körperlich zum Dispositionsstichtag im Lager befindet
5. + Vormerkbestand	Bestandsmengen, die bereits für angenommene Aufträge (Kunden- und Fertigungsaufträge) vorgemerkt und damit nicht mehr verfügbar sind (Reservierungsbestand)
6. – Bestellbestand	Bestand an erteilten, aber noch nicht gelieferten Bestellungen (offene Bestellungen)
7. – Werkstattbestand	Bestandsmenge, die das Lager verlassen hat und sich zum Dispositionsstichtag in der Produktionssphäre (Werkstatt) befindet
8. = Nettobedarf (Bestellbedarf)	

Tabelle 4: Berechnung des Nettobedarfs⁴⁴

Erst, wenn der Bruttobedarf durch den verfügbaren Bestand nicht mehr gedeckt ist, d. h., wenn eine Unterdeckung auftritt, wird eine Bestellung notwendig.⁴⁵

Eine Unterdeckung ist daher identisch mit einem positiven Nettobedarf, wohingegen eine Überdeckung (negativer Nettobedarf) zur Deckung des Bedarfs in der nächsten Periode vorgetragen wird.⁴⁶

Ersatzteilbedarfe als Primärbedarf, besonders wenn es sich um Baugruppen handelt, haben damit erhebliche Auswirkungen auf diverse Bestände und somit die Materialdisposition. Umso wichtiger ist es, diese Bedarfe so genau wie möglich abzubilden, also zu prognostizieren.

⁴⁴ Vgl. Härdler Jürgen (Hrsg.): Betriebswirtschaftslehre für Ingenieure, Lehr- und Praxisbuch; 3., erweiterte Auflage; München 2007; S. 220

⁴⁵ Vgl. ebenda

⁴⁶ Vgl. ebenda

2.2. Verbrauchsverläufe

Mit einer Prognose, im vorliegenden Fall eine Bedarfsprognose, wird versucht, aus erkannten Regelmäßigkeiten in der Vergangenheit auf zukünftige Entwicklungen zu schließen und diese somit vorausszusagen.

Um zukünftige Bedarfe von bestimmten Teilen möglichst genau prognostizieren zu können, ist es daher dringend erforderlich, die Verbräuche der Vergangenheit nicht nur mengenmäßig zu untersuchen und zu erfassen, sondern diese auch auf mögliche Muster bzw. Regelmäßigkeiten hin zu analysieren.

Ist beispielsweise der Verbrauch eines Teils in den vergangenen Perioden immer konstant gestiegen, ist davon auszugehen, dass das auch in den zukünftigen Perioden, zumindest in den nächsten Perioden, auch der Fall sein wird.

Für die Auswahl des geeigneten Bedarfsprognoseverfahrens ist das Erkennen eines charakteristischen Verbrauchsverlaufs einer Zeitreihe von besonderer Bedeutung.⁴⁷

Verbrauchsverläufe müssen daher festgestellt und in einer optimalen Prognoseberechnung entsprechend berücksichtigt werden.

Auf die Zuordnung der verschiedenen Prognoseverfahren zu den entsprechenden Verbrauchsverläufen wird in den folgenden Kapiteln näher eingegangen.

Zu den typischen Verbrauchsverläufen zählen:

- Konstanter Verbrauch
- Linear trendförmiger Verbrauch: Der Verbrauch steigt über die Zeit stetig an.
- Saisonal schwankender Verbrauch: Der Verbrauch schwankt regelmäßig innerhalb einer beobachteten Periode. Beispielsweise ein erhöhter Verbrauch nur in den ersten Monaten eines Jahres.

⁴⁷ Schulte Gerd: Material- und Logistikmanagement; 2. Auflage; München 2001; S. 141

- Saisonal schwankender Verbrauch mit Trend: Stetig steigender Verbrauch, der aber in einer Periode regelmäßig schwankt.

Nachfolgende Abbildung soll die verbal beschriebenen Verbrauchsverläufe noch einmal graphisch darstellen.

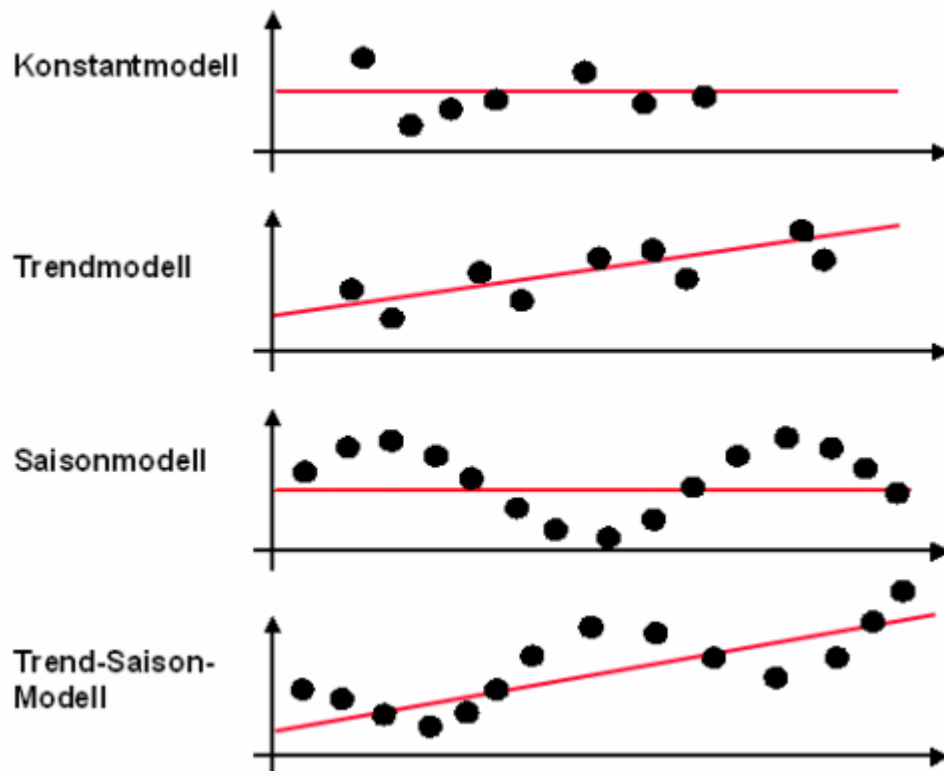


Abbildung 24: typische Verbrauchsverläufe⁴⁸

Selbstverständlich gibt es noch viele weitere Verbrauchsverläufe, die auf Grund ihrer Unregelmäßigkeit aber nur schwer darstellbar bzw. analysierbar sind. Trat ein Bedarf beispielsweise in der Vergangenheit nur sporadisch auf oder unterlag sehr starken Schwankungen, kann kein mathematisch-statistisches Modell für eine Vorhersage herangezogen werden.⁴⁹

Die Genauigkeit der Prognose und für welchen Zeitraum sie ermittelt werden kann, hängt wesentlich von der Anzahl der Vergangenheitswerte ab.⁵⁰

⁴⁸ Vgl. Fortmann Klaus-Michael, Kallweit Angela: Logistik; 2. Auflage; Stuttgart 2007; S. 76

⁴⁹ Vgl. ebenda

⁵⁰ Vgl. ebenda

Einer der oben dargestellten Verbrauchsverläufe wäre der Idealfall für die Bedarfsprognose von Ersatzteilen. In der Realität sieht es aber leider so aus, dass nur die wenigsten Ersatzteile so regelmäßige Verbräuche aufweisen und daher leicht prognostizierbar sind. Im folgenden Kapitel wird auf die Klassifizierung von Teilen als Grundlage für die Ermöglichung einer Prognoseberechnung eingegangen.

2.2. Bedarfsplanung, ABC-XYZ-Analyse

Speziell im Ersatzteilwesen, wenn der Bedarf in vielen Fällen aus einem Maschinenschaden generiert wurde, ist es wichtig, die benötigten Teile zur richtigen Zeit vorrätig zu haben. Teilweise extrem lange Lieferzeiten auf gewisse Komponenten von den produzierten Produkten machen es unumgänglich, auch Ersatzteilbedarfe so gut wie möglich zu planen. Es ist üblich, die Methoden der Materialbedarfsplanung je nach verwendeter Ausgangsgröße in zwei Gruppen einzuteilen.⁵¹ Bei der einen Gruppe handelt es sich um auftragsorientierte (deterministische) Verfahren, bei der anderen Gruppe um verbrauchsorientierte (stochastische) Prognosemethoden.⁵² In Kapitel 2.3. dieser Arbeit werden diese beiden Gruppen näher erläutert.

Da es im Ersatzteilwesen kaum möglich ist, die Bedarfe anhand eines Produktionsprogramms abzuleiten, das Eintreten von Ersatzteilbedarfen steht ja meist nicht im Vorhinein fest, kommen für die Planung von Ersatzteilbedarfen hauptsächlich stochastische Methoden zum Einsatz.

In den vorangegangenen Kapiteln wurden bereits die Einteilung der Bedarfsarten und die Verbrauchsverläufe als notwendige Grundlagen für eine Prognoseberechnung vorgestellt. Nun gilt es noch auszuwerten, für welche Teile eine solche verbrauchsorientierte Bedarfsplanung sinnvoll und in ausreichender Genauigkeit durchführbar ist. Es wird nicht sinnvoll sein, kleine, minderwertige Teile verbrauchsgesteuert und stückweise zu beschaffen.

⁵¹ Kopsidis Rallis M.: Materialwirtschaft, Grundlagen, Methoden, Techniken, Politik; 3. Auflage; München 2002; S. 46

⁵² Vgl. ebenda

Ebenso wenig wird es sinnvoll sein, aufwändige, hochwertige Teile mit sporadischen Verbräuchen so zu prognostizieren.

Als weitere Grundlage für die Ermöglichung einer sinnvollen Prognoseberechnung ist also die Klassifizierung der Teile zu nennen, bezogen auf deren Wert und die Vorhersagegenauigkeit des Verbrauchs. Als Werkzeug hierfür wird nun die ABC-Analyse, erweitert um die XYZ-Analyse, herangezogen.

Die **ABC-Analyse** ist eine einfache und in der Praxis weit verbreitete Methode, um Materialien anhand ihres Wert-Mengen-Verhältnisses zu klassifizieren.⁵³ Aus Erfahrung weiß man, dass in der Regel ein sehr hoher Anteil am Gesamtwert des Materials (zum Beispiel einer Planierraupen) auf eine geringe Anzahl von Materialarten entfällt und andere Materialien dagegen einen geringen Wert- aber hohen Mengenanteil aufweisen.⁵⁴

- **A-Güter:** Teile mit hohem Anteil am Wert (60 – 80%) und niedrigem Anteil an der Gesamtmenge der verbauten Teile.⁵⁵
- **B-Güter:** Teile, die beim Gesamtwert unter (10 – 30%) und bei der Menge über den entsprechenden Anteilen der A-Güter liegen.⁵⁶
- **C-Güter:** Im Gegensatz zu den A-Gütern haben die C-Güter einen niedrigen Anteil am Gesamtwert (< 10%) und einen hohen Anteil an der Menge.⁵⁷

⁵³ Kummer Sebastian (Hrsg.), Grün Oskar, Jammernegg Werner: a.a.O.; S. 103

⁵⁴ Vgl. ebenda

⁵⁵ Vgl. ebenda

⁵⁶ Vgl. ebenda

⁵⁷ Vgl. ebenda

Die folgende Abbildung stellt diese Wert- und Mengenverhältnisse graphisch dar.

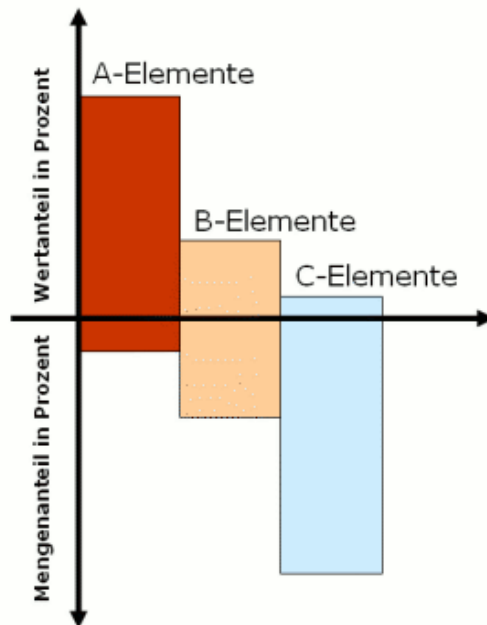


Abbildung 25: Wert- und Mengenverteilung bei der ABC-Analyse⁵⁸

Das Ergebnis der ABC-Analyse kann graphisch auch anhand einer sogenannten „Konzentrationskurve“ dargestellt werden.

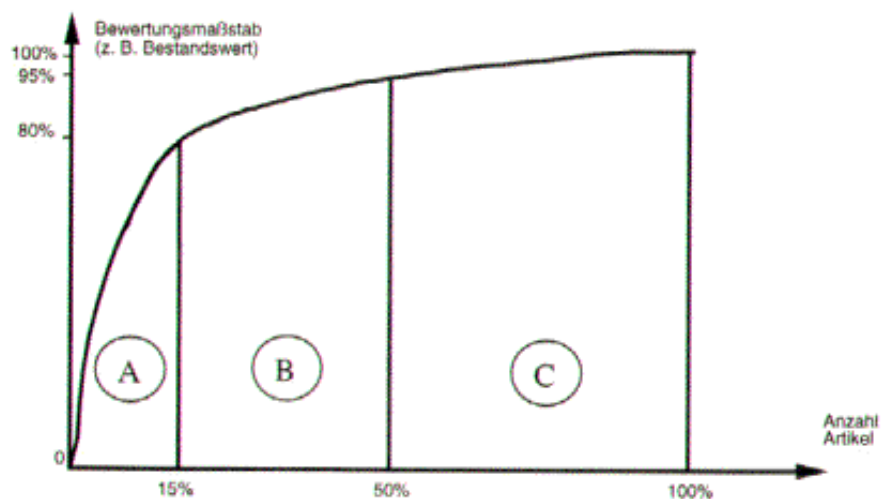


Abbildung 26: Graphische Darstellung der ABC-Analyse⁵⁹

⁵⁸ Vgl. Schulte Gerd: a.a.O.; S. 61

⁵⁹ Vgl. Fiedler Rudolf: Organisation kompakt; 2. Auflage; München 2010; S. 90

Aus der ABC-Analyse lässt sich ableiten, dass wahrscheinlich die B-Güter am besten dafür geeignet sind, mittels verbrauchsorientierten Verfahren prognostiziert zu werden.

Bei A-Gütern, deren hoher Wert sich entsprechend auf die Lagerbestände auswirkt, wird man eher versuchen über minimale Sicherheitsbestände eine gewisse Verfügbarkeit im Ersatzteillfall sicherzustellen.

Die C-Güter hingegen werden in regelmäßigen Abständen eher selten, dafür aber jeweils in großen Mengen, geordert.

Neben der Anwendung zur Klassifizierung von Teilen vor dem Hintergrund der Beschaffungslogistik, ist die ABC-Analyse universell einsetzbar, um „Wichtiges“ von „Unwichtigem“ zu trennen!⁶⁰

Nun reicht die Information „B-Gut“ nicht aus, um eine optimale Bedarfsplanung mittels Prognose sicherzustellen. Auch bei den B-Gütern muss untersucht werden, wie genau die Bedarfe vorhergesagt werden können. Um das zu erreichen, wird zusätzlich zur ABC-Analyse, eine **XYZ-Analyse** durchgeführt. Die ABC-Analyse untersucht und unterteilt die Güter unter wertmäßigen Gesichtspunkten und wird mit der XYZ-Analyse um die Vorhersagegenauigkeit des Verbrauchs ergänzt.

In der betriebswirtschaftlichen Praxis wird die XYZ-Analyse dazu verwendet, um Materialien nach folgenden Vorhersagegenauigkeiten ihres Verbrauchswertes einzuordnen:⁶¹

- **X-Materialien:** Trotz gelegentlicher Abweichungen ist der Verbrauch als konstant anzusehen, die Vorhersagegenauigkeit ist daher hoch.⁶²
- **Y-Materialien:** Die Verbräuche sind mit Schwankungen verbunden (steigend, fallend, saisonal), die Vorhersagegenauigkeit ist daher mittel.⁶³

⁶⁰ Vgl. Vahrenkamp Richard: Logistik, Management und Strategien; 5. Auflage; München 2005; S. 76

⁶¹ Vgl. Jung Hans: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre; 10. Auflage; München 2006; S. 327

⁶² Vgl. ebenda

⁶³ Vgl. ebenda

- **Z-Materialien:** Der Verbrauch ist nicht konstant bzw. stark schwankend, die Vorhersagegenauigkeit ist niedrig.⁶⁴

Kombiniert man nun die Ergebnisse der ABC- und der XYZ-Analyse, so erhält man eine Klassifikation der Teile, die auf die jeweils optimale Beschaffungs- und Bedarfsplanungsstrategie schließen lässt.

		Wertigkeit		
		A	B	C
Vorhersagegenauigkeit	X	hoher Wertanteil, konstanter Bedarf	mittlerer Wertanteil, konstanter Bedarf	niedriger Wertanteil, konstanter Bedarf
	Y	hoher Wertanteil, schwankender Bedarf	mittlerer Wertanteil, schwankender Bedarf	niedriger Wertanteil, schwankender Bedarf
	Z	hoher Wertanteil, schwankender Bedarf	mittlerer Wertanteil, unregelmäßiger Bedarf	niedriger Wertanteil, unregelmäßiger Bedarf

Abbildung 27: ABCXYZ-Analyse⁶⁵

Eine regelmäßig durchgeführte Klassifizierung und eine entsprechende Pflege der Artikeldaten sind grundlegende Voraussetzungen für den Disponenten, eine höchstmögliche Verfügbarkeit bei einem Minimum an nötigen Beständen erreichen zu können.

So sind zum Beispiel bei AX- und BX-Teilen nur geringe Lagerbestände zusätzlich zur Bedarfsplanung nötig. Um die leicht schwankenden Verbräuche der Y-Teile kompensieren zu können, wird es notwendig sein, einen gewissen Bestand als „Sicherheit“ bereitzustellen.

Eine verbrauchsorientierte Bedarfsplanung bei Z-Teilen wird nicht zielführend sein, weshalb in diesem Fall auf eine andere Beschaffungsstrategie zurückgegriffen werden sollte.

In Bezug auf das Ersatzteilwesen sind BX- und BY-Teile den Bedarf betreffend die am besten zu planenden (prognostizierenden) Teile. Sind zusätzlich zur Klassifizierung auch noch der Verbrauchsverlauf und die Bedarfsart bekannt,

⁶⁴ Vgl. Jung Hans: a.a.O.; S. 327

⁶⁵ Vgl. Bär Jörg: Strategische Beschaffung in kleinen und mittleren Unternehmen, Theoretische Erkenntnisse und empirische Befunde; Hamburg 2011; S. 51

muss nur noch das geeignete Verfahren zur Bedarfsprognose ausgewählt werden.

Welche Verfahren zur Bedarfsermittlung zur Verfügung stehen und für welche Fälle diese optimal anzuwenden sind, wird im nächsten Kapitel dargelegt.

2.3. Deterministische und stochastische Bedarfsermittlung

Anhand der bisher festgelegten und bestimmten Daten muss nun das optimale Verfahren zur Bedarfsermittlung zu den jeweiligen Gütern ausgewählt werden. Dazu stehen grob unterteilt drei verschiedene Möglichkeiten zu Auswahl.

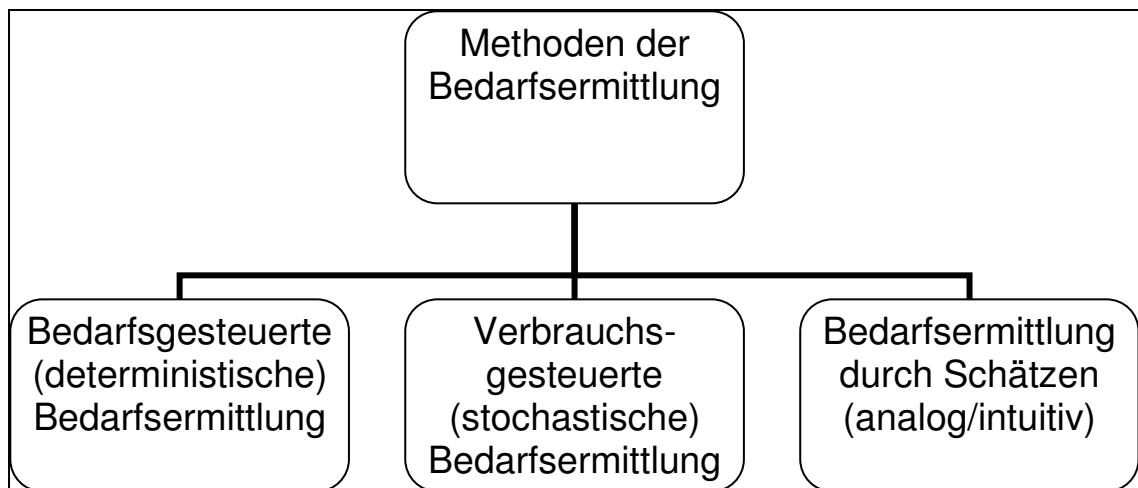


Abbildung 28: Methoden der Bedarfsermittlung⁶⁶

Die Anwendung der genannten Methoden richtet sich zum einen danach, welche Daten zur Bedarfsermittlung erforderlich sind bzw. zur Verfügung stehen; zum anderen wird sie durch den Wert der einzelnen Materialarten bestimmt.⁶⁷

⁶⁶ Vgl. Wiendahl Hans-Peter: Betriebsorganisation für Ingenieure; 6. Auflage; München 2008; S. 282

⁶⁷ ebenda

Die **deterministische (programmorientierte) Bedarfsermittlung**

erfordert, wie der Name schon sagt, ein Produktionsprogramm oder feste Kunden- und Lageraufträge als Auslöser für den Primärbedarf. Wie in Punkt 2.1. bereits angeführt, errechnet sich aus dem so festgelegten Primärbedarf, vorausgesetzt, dass es sich beim Primärbedarf um Baugruppen handelt, der Sekundärbedarf. Dieser leitet sich beispielsweise aus der Stückliste der Baugruppe ab. Die Ermittlung des genauen Bedarfszeitpunktes erfordert die Vorlaufzeitdaten und die Bestandsdaten.⁶⁸ Die Vorlaufzeit bedeutet in diesem Fall die Wiederbeschaffungszeit, also die Zeit zwischen dem Auslösen der Bestellung und der Verfügbarkeit des Materials.

Da man im Ersatzteilwesen nicht von einem Produktions- oder Absatzprogramm ausgehen kann, spielt die deterministische Bedarfsermittlung zur Ermittlung des Primärbedarfs in diesem Zusammenhang eine untergeordnete Rolle. Handelt es sich beim Primärbedarf (Ersatzteilbedarf) allerdings um eine Baugruppe, kommt die deterministische Bedarfsermittlung sehr wohl auch im Ersatzteilwesen zum Einsatz.

Die, für die Ersatzteilbewirtschaftung wesentlich wichtigere Methode zur Bedarfsermittlung, ist die **stochastische (verbrauchsorientierte)**

Bedarfsermittlung. Bei dieser Methode wird versucht, aus Vergangenheitsdaten auf die zukünftige Entwicklung Rückschlüsse zu ziehen, also die Zukunft zu prognostizieren. Aber was genau versteht man eigentlich unter einer „Prognose“?

Prognosen sind Wahrscheinlichkeitsurteile über das Auftreten eines Ereignisses in der Zukunft, die auf Beobachtungen der Vergangenheit, einer möglicherweise nur wenig ausgearbeiteten Theorie über die Erklärungen dieser Beobachtungen, sowie einer Annahme über die Fortgeltung der Erklärung in der Zukunft beruhen.⁶⁹

Die grundlegenden Daten aus der Vergangenheit müssen nicht nur zur Verfügung stehen, sie müssen auch richtig verstanden und interpretiert werden, um das geeignete Verfahren zur Prognoseberechnung auswählen zu können.

⁶⁸ Vgl. Wiendahl Hans-Peter: a.a.O.; S. 282

⁶⁹ Vgl. Bea Franz-Xaver, Friedl Birgit, Schweitzer Marcell: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Bd. 2 Führung; 9. Auflage; Stuttgart 2005; S. 759

Die **Bedarfsermittlung durch Schätzung (heuristische Bedarfsermittlung)**

stützt sich auf gar keine numerischen Daten, vielmehr liegen ihr qualitative Daten des schätzenden Mitarbeiters zugrunde. Im Hinblick auf eine optimale Ersatzteilbewirtschaftung ist diese Art der Bedarfsermittlung nur in Ausnahmefällen anwendbar.

Nach der grundlegenden Einteilung der Verfahren zur Bedarfsplanung, werden nun einige Methoden zu den einzelnen Verfahren vorgestellt.

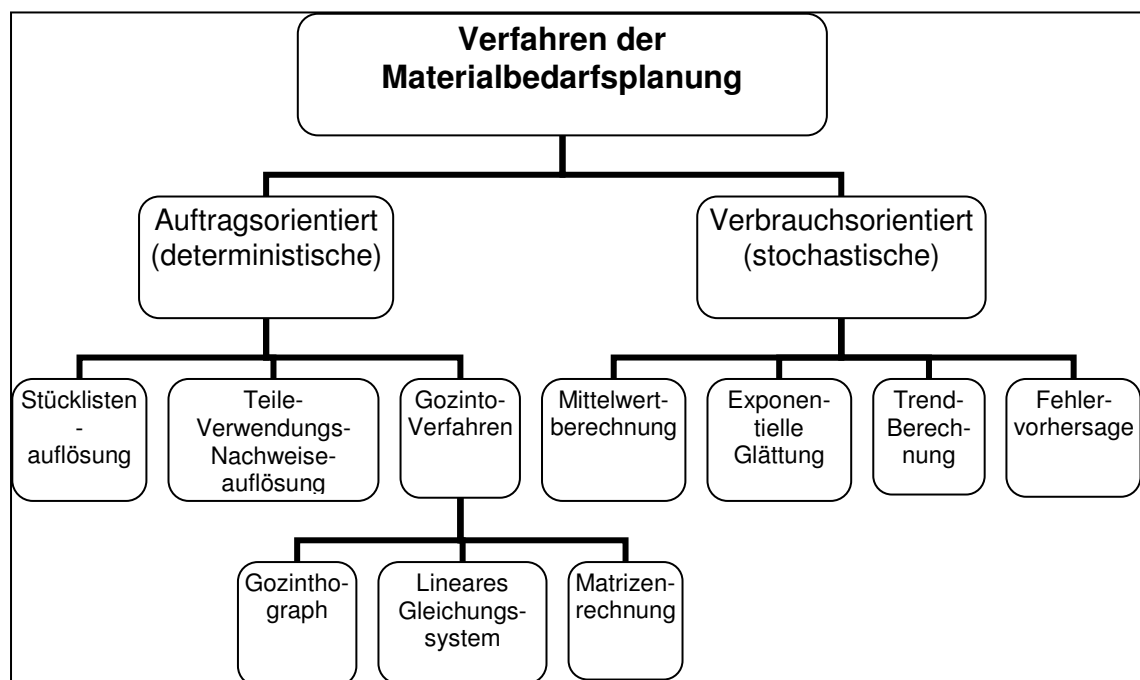


Abbildung 29: Verfahren der Materialbedarfsplanung⁷⁰

Das wichtigste Kriterium für die unterschiedliche Art der Bedarfsermittlung bzw. -planung ist der Wert.⁷¹

Als hervorragendes Hilfsmittel für die Entscheidung über das am besten geeignete Verfahren wurde bereits die ABCXYZ-Analyse vorgestellt.

Da diese Arbeit auf die Möglichkeiten zur Prognoseberechnung im Hinblick auf die Ersatzteilversorgung eingeht, sollen die stochastischen Verfahren weiter

⁷⁰ Vgl. Kopsidis Rallis M.: a.a.O.; S. 46

⁷¹ Vgl. Wiendahl Hans-Peter: a.a.O.; S. 283

behandelt werden. Unter Punkt 3 werden einige ausgewählte Verfahren aus dieser Gruppe theoretisch vorgestellt und mit praktischen Beispielen erklärt.

2.4. Prognosen in der Ersatzteilbevorratung

Im Gegensatz zur Anwendung von Bedarfsprognosen im Zusammenhang mit der Fertigung in einem Unternehmen stellt das Ersatzteilwesen bzw. die Ersatzteilbevorratung ganz spezielle Anforderungen an die Bedarfsprognose. Diese besonderen Anforderungen liegen auch den Überlegungen dieser Arbeit zugrunde, weshalb diesem Thema auch ein eigener Punkt gewidmet wird.

Das richtige Teil zur richtigen Zeit in der richtigen Menge am richtigen Ort, so können die Ziele einer guten Ersatzteilbevorratung beschrieben werden. Ergänzt um den betriebswirtschaftlichen Faktor der angemessenen Lagerbestände, wird dieses Ziel noch präzisiert. Natürlich ist eine optimale Verfügbarkeit durch sehr hohe Lagerbestände relativ einfach zu erreichen, diese Lagerbestände verursachen aber nicht unerhebliche Kosten, weshalb es den Mittelweg zwischen Lagerbestand und daraus resultierender Verfügbarkeit und Lagerbestand in einem wirtschaftlich vertretbaren Maß zu finden gilt. Somit wird die zeit-, mengen- und kostengerechte Sicherstellung der Ersatzteilversorgung in der Nutzungsphase eines Investitionsguts zur Herausforderung.⁷²

In der Baumaschinenbranche ist der Service und damit verbunden eine optimale Ersatzteilversorgung längst zu einem Verkaufsargument und auch Alleinstellungsmerkmal von Herstellern geworden. Zur Verfügbarkeit des benötigten Teils wird auch eine entsprechende Transportlogistik benötigt, um die Teile mit möglichst wenig Zeitverlust zum Einsatzort zu bringen. Die Investitionsgüter im Baumaschinenbereich werden immer komplexer, der technologische Fortschritt und gesetzliche Auflagen, beispielsweise Emissionsgrenzwerte, machen immer neue Entwicklungen und

⁷² Graf René: Erweitertes Supply Chain Management zur Ersatzteilversorgung; Essen 2005; S. 2

Produktanpassungen nötig. Daraus resultiert eine immer größer werdende Zahl an verschiedenen Ersatzteilen. Die wenigsten Händler oder Vertriebsgesellschaften sind aufgrund der Lagerkosten bereit, sich mit großen Ersatzteillagern auszustatten. Es liegt also im Verantwortungsbereich der Produktionsgesellschaften und Zentrallager, eine möglichst hohe Verfügbarkeit von Ersatzteilen sicherzustellen.

Gemäß einer Auswertung der Liebherr-Logistics GmbH (LLG) wurden im Jahre 2011 ca. 65.000 verschiedene Teile in der Sparte Erdbewegung und Mining als Ersatzteile verkauft, auf die LWT entfielen davon ca. 10.400 Teile.⁷³

Ersatzteile können in folgende Kategorien unterteilt werden:

- **Verschleißteile:** Werden regelmäßig und ab Serienbeginn benötigt. Austausch und somit Bedarf ist bis zu einem gewissen Maße vorhersehbar und somit planbar.
- **Wartungs- und Serviceteile:** Werden ebenfalls regelmäßig und ab Serienbeginn benötigt. Können teilweise am freien Markt fremdbezogen werden.
- **Reparaturteile:** Bedarf nur bei Maschinenschaden, nicht vorhersehbar und somit nicht planbar.

Bei den Verschleißteilen und den Wartungs- und Serviceteilen kann im Ersatzteilvertrieb von einem steigenden Bedarf bei steigender Anzahl von ausgelieferten Maschinen ausgegangen werden. Auch, wenn einige Kunden aus Preisgründen immer wieder Fremdteile auf dem freien Markt beziehen und damit das Erlöschen von Garantieansprüchen riskieren, werden die benötigten Ersatzteile zu einem großen Teil vom Hersteller bezogen. Somit kann von einem steigenden Bedarf ausgegangen werden. Erst mit zunehmendem Alter der Maschinen sinkt dieser Bedarf wieder.

⁷³ Vgl. Liebherr Logistics Gesellschaft (LLG): Projekt Kick-Off, LHB 19.09.2011, S. 10

Ähnlich verhält es sich auch bei den Ersatzteilen für Reparaturen im klassischen Sinne. Werden bei Neugeräten, vor allem in der Garantiezeit, noch hauptsächlich Neuteile bestellt, so werden bei älteren Maschinen meist preisgünstigere Lösungen, entsprechend dem Zeitwert der Maschine, gesucht.

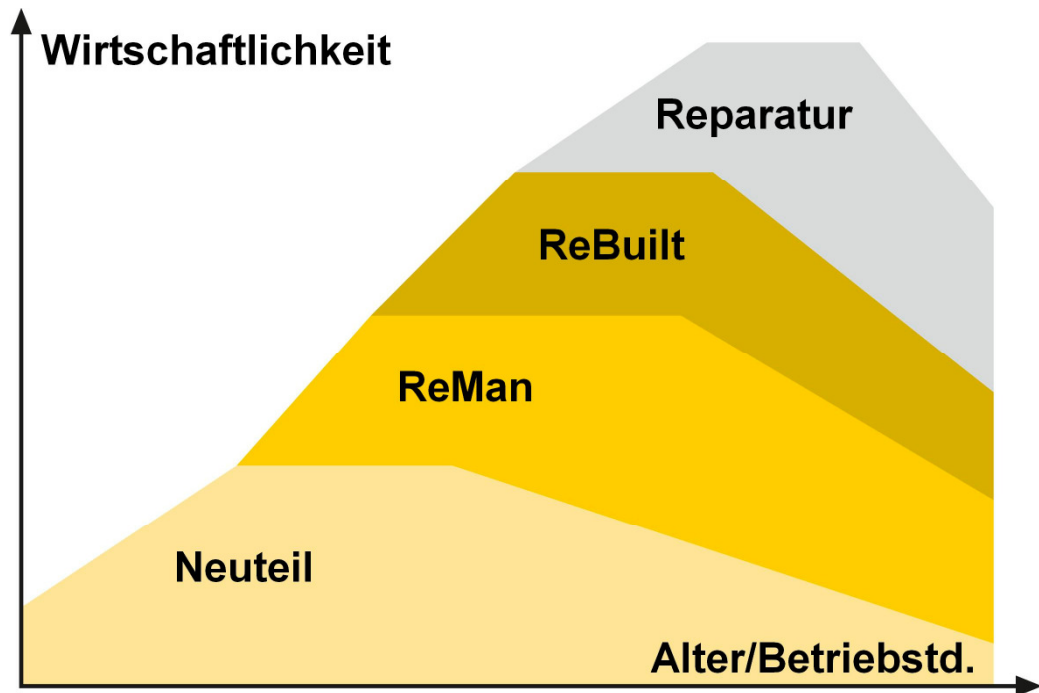


Abbildung 30: Wirtschaftlichkeit Reparatur mit Maschinenalter⁷⁴

Abbildung 30 zeigt, dass mit zunehmendem Alter der Maschine, bei Baumaschinen in Betriebsstunden angegeben, nicht mehr Neuteile verwendet werden, sondern die Reparatur von beschädigten Komponenten wirtschaftlicher ist. ReMan und ReBuilt bezeichnen dabei verschiedene Stadien von aufgearbeiteten Altteilen, die Liebherr wieder in Umlauf bringt. Dies ist bei der Disposition und der Prognoseberechnung vor allem bei wertintensiven Komponenten und deren Einzelteilen zu berücksichtigen.

Die Vertriebs- und Serviceniederlassungen sind auf der ganzen Welt verteilt, somit sind auch die Bestände weltweit verteilt. Auch diese weltweiten Bestände müssen bei der Disposition berücksichtigt werden, immerhin handelt es sich dabei um erhebliche Lagerkosten, die im Konzern anfallen.

⁷⁴ Tauschkomponenten von Liebherr, Informationsbroschüre LHB/ET 8718761-2-04.10; LHB 2010; S. 8

Ein immer wichtiger werdender Grund für die Notwendigkeit von Bedarfsprognosen im Ersatzteilwesen sind die immer länger werdenden Lieferzeiten von gewissen Teilen und Baugruppen. In den Produktionswerken wird der Bedarf für die Serienfertigung mit deterministischen Verfahren aus dem Produktionsprogramm abgeleitet. Auf Grund der hohen Wiederbeschaffungszeiten können diese Teile nicht aus der Serienproduktion entnommen werden, ohne dort Engpässe zu verursachen. Die Entnahmen für Ersatzteilbedarfe müssen also auch geplant bzw. prognostiziert werden, um einen entsprechenden Bestand zur richtigen Zeit verfügbar zu haben.

Die „Vorhersage“ von Ersatzteilbedarfen an sich ist schon problematisch genug, hinzu kommen aber noch ungeplante, außergewöhnlich hohe Bedarfe, wie sie zum Beispiel bei Nach- oder Umrüstaktionen aufkommen. Um solche Bedarfe abfangen zu können, kann kein Prognoserechenverfahren herangezogen werden. Nach- oder Umrüstaktionen müssen anhand der Wiederbeschaffungszeiten der betroffenen Teile separat geplant und abgestimmt werden. Würden solche Ausreißer in einer Prognoserechnung berücksichtigt werden, ergäben sich für die Folgeperioden überhöhte Werte für Bedarf und Lagerbestand

Ein ähnliches Problem tritt bei Serienanläufen und technischen Weiterentwicklungen auf. Kommt ein neues Teil in die Serienfertigung und wird damit auch zum potentiellen Ersatzteil, gibt es noch keine Verbrauchswerte, auf die sich ein stochastisches Prognoseverfahren beziehen könnte.

Diese beiden Aspekte, Bedarfsausreißer auf Grund von Um- und Nachrüstungen und Anläufe von neuen Teilen, zeigen die Grenzen der Bedarfsprognose im Zusammenhang mit der Ersatzteilbevorratung auf. In diesen Fällen gilt es, erste Bedarfe eventuell durch Schätzungen anhand von Erfahrungswerten abzubilden, bis die benötigte Anzahl von Vergangenheitswerten für eine Prognoseberechnung verfügbar ist.

3. Möglichkeiten der stochastischen Bedarfsermittlung

In Kapitel 2 wurden die benötigten grundlegenden Daten für Bedarfsprognosen erläutert und festgelegt. Der Grundstein ist also gelegt und es kann nun auf einige ausgewählte Verfahren und deren Berechnungsmethodik eingegangen werden. Nachdem die aktuelle Prognoseberechnung bei der LWT mit ihren Vor- und Nachteilen erläutert wurde, werden ausgewählte Verfahren anhand von Berechnungsbeispielen aus der Praxis erklärt.

3.1. Ausgangssituation bei der LWT

Die LWT tritt gegenüber den Zentrallagern bei der LHB und der LFR als Lieferant auf und beliefert in diesem Zusammenhang die beiden Lager mit Teilen der LWT-Produkte bzw. mit Eigenfertigungsteilen der LWT.

Somit entstehen bei der LWT Verbräuche, die zusätzlich zu den Bedarfen aus dem Produktionsprogramm gedeckt werden müssen.

Diese Verbräuche werden im ERP-System der LWT als sogenannte „ET-Verbräuche“ gekennzeichnet und archiviert. Gleiches passiert in den ERP-Systemen der anderen Werke, die Prognoseberechnung wird aber immer lokal in einem Werk durchgeführt, weshalb auch nur die Daten aus einem Werk berücksichtigt werden. In der vorliegenden Arbeit werden Daten aus dem LWT- und dem LHB-ERP-System herangezogen.

Aus diesen Verbräuchen, es werden jeweils die Monatsverbräuche der letzten 12 Monate berücksichtigt, werden nun mit stochastischen Methoden Bedarfe für die Zukunft errechnet. Nach jedem abgeschlossenen Monat wird dieser in die Berechnung aufgenommen, der älteste Monat wird aus der Berechnung herausgenommen, es erfolgt also eine rollierende Planung. Eine gewisse Rückkopplung über die mit den Vorgaben erreichten Ergebnisse erfolgt durch die rollierende Planung, indem die Ausgangssituation des nächsten Planungslaufs durch die Entwicklung in der letzten Periode beeinflusst wird.⁷⁵

⁷⁵ Kistner Klaus-Peter, Steven Marion: Produktionsplanung; 3. Auflage; Heidelberg 2001; S. 214

Um dem ERP-System die Prognoseberechnung zu ermöglichen, können einige Variablen vom Administrator eingestellt werden, diese gelten dann generell für alle Teile.

Mindestverbrauch und Wertgrenze: In diesem Bereich kann festgelegt werden, dass bei Teilen ab einem gewissen Mindestwert (Herstellkosten), ein gewisser Mindestverbrauch vorliegen muss, um überhaupt Prognosen zu berechnen. Eine Prognose von wertintensiven Teilen aufgrund von einigen sporadischen Verbräuchen soll damit vermieden werden, Hintergrund sind in diesem Zusammenhang die Lagerbestände.

Prognosetendenzen: Das ERP-System ist in der Lage, die Tendenzen „steigend“, „fallend“ und „alternierend“ bei den Verbräuchen zu unterscheiden. Anhand dieser Tendenzen können Gewichtungen der einzelnen Verbrauchsperioden, im vorliegenden Fall Tertiäre, das sind 4-Monats-Intervalle, festzulegen.

Die folgende Tabelle zeigt diese Gewichtungen, wie sie aktuell im LHB-ERP-System hinterlegt sind.

Tendenz	Bezeichnung	Gewichtung Periode 1 [%]	Gewichtung Periode 2 [%]	Gewichtung Periode 3 [%]
1	Steigend	5	10	85
2	Fallend	10	30	60
3	Alternierend	20	30	70

Tabelle 5: Gewichtung Verbräuche anhand von Verbrauchstendenzen⁷⁶

Die Prognoseberechnung soll nun anhand der Verbräuche eines klassischen Ersatzteils, dem Wischermotor eines Hydraulikbaggers, erläutert werden.

Aus dem LHB-ERP-System konnten für den genannten Wischermotor folgende Verbräuche der letzten 12 Monate, die für die Prognoseberechnung verwendet werden, entnommen werden.

⁷⁶ Vgl. Prognoserechnung; firmeninternes Dokument der LHB, 07.02.2012; S. 7

Periode	Verbrauch [Stk.]	Kumuliert / Tertiär [Stk.]	Tertiär
2011/02	14		Tertiär 1
2011/03	27	41	
2011/04	21	62	
2011/05	33	95	
2011/06	9		Tertiär 2
2011/07	10	19	
2011/08	31	50	
2011/09	6	56	
2011/10	28		Tertiär 3
2011/11	31	59	
2011/12	16	75	
2012/01	21	96	

Tabelle 6: Verbrauchszahlen der letzten 12 Monate kumuliert pro Tertiär⁷⁷

Im nächsten Schritt wird nun aus den oben genannten Daten die Prognosemenge für eine Periode, also ein Tertiär, berechnet. Dazu werden die in Tabelle 6 angeführten Tertiärverbräuche mit den Gewichtungen aus Tabelle 5 multipliziert. Da für die Erkennung der Tendenz nur die letzten beiden Tertiäre berücksichtigt werden, werden im aktuellen Beispiel die Gewichtungen von der Tendenz „steigend“ verwendet.

Periode	Verbrauch [Stk.]	Gewichtung [%]	Verbrauch * Gewichtung = Prognosemenge [Stk.]
Tertiär 1	95	5	4,75 (~5)
Tertiär 2	56	10	5,6 (~6)
Tertiär 3	96	85	81,6 (~82)
			<u>Summe: 93</u>

Tabelle 7: Berechnung Bedarf für die nächste Periode⁷⁸

Für die nächste Periode, also das nächste Tertiär, wird also ein Bedarf von 93 Stück prognostiziert. Die Berechnung der Prognosemenge erfolgt aber monatlich, deshalb muss der prognostizierte Tertiärbedarf wieder auf einen Monatsverbrauch zurückgerechnet werden.

Dabei geht das ERP-System aktuell nach folgender Formel vor:

$$(\text{Prognosemenge} / \text{Kalendertage pro Tertiär}) * (\text{Kalendertage pro Monat} / 2)^{79}$$

⁷⁷ Vgl. Prognoserechnung; a.a.O.; S. 9

⁷⁸ Vgl. ebenda

⁷⁹ ebenda, S. 10

Die Kalendertage pro Tertiär sind dabei fix mit 120 Tagen hinterlegt. Die Kalendertage pro Monat mit 30 Tagen.

Die Division durch 2 der Kalendertage pro Monat wird in diesem Fall nur gemacht, um den Bedarf auf 2 „Bestellungen“ im Monat aufzuteilen.

Beispielsweise wird einmal am 1. des Monats bestellt und die restliche Menge am 15. des Monats.

Im gewählten Beispiel ergeben sich nun für den 1. und 15. Tag im Monat folgende Prognosemengen:

1. Tag: $(93/120) \cdot (30/2) = 11,625 \sim \underline{\underline{12 \text{ Stück}}}$ aufgerundet

15. Tag: $(93/120) \cdot (30/2) = 11,625 \sim \underline{\underline{11 \text{ Stück}}}$ abgerundet

Würde nur einmal im Monat bestellt werden ergäbe das:

1. Tag: $(93/120) \cdot 30 = 23,25 \sim \underline{\underline{23 \text{ Stück}}}$

Dieses Beispiel zeigt sehr deutlich die Schwächen der aktuellen Berechnungsmethode auf. Es werden zwar die monatlichen Verbräuche erfasst, in die Prognoserechnung fließt aber nur der kumulierte Verbrauch eines ganzen Tertiärs, also von 4 Monaten, ein. Ebenso wird das Ergebnis gleichmäßig auf ein komplettes Tertiär aufgeteilt, eventuelle saisonale Schwankungen innerhalb eines Tertiärs bleiben unberücksichtigt.

Durch die monatliche Überrechnung werden zwar jeweils die Verbräuche des vergangenen Monats neu in die Berechnung aufgenommen, sie fließen aber nur als Teil des Gesamtverbrauchs von Tertiär 3 und dessen Gewichtung ein.

Weiters resultiert aus der aktuellen Berechnungsmethode eine Trägheit des ganzen Systems bzw. eine träge Reaktion auf Änderungen im Bedarfsverlauf.

Für stetige Verbräuche bzw. für Verbrauchsverläufe, die einem leichten Trend folgen, funktioniert die Prognoserechnung relativ gut. Kommt es aber zu

saisonalen Schwankungen in den Bedarfen bzw. zu kurzfristigen Bedarfsspitzen, sind die Grenzen der aktuellen Prognoseberechnung erreicht.

Ein Ziel dieser Arbeit ist es, aufzuzeigen, dass mit verschiedenen Prognoseverfahren auf die unterschiedlichsten Voraussetzungen durch den Bedarfsverlauf eingegangen werden kann und eine hochwertigere Prognose möglich wäre. Je aufwändiger und genauer ein Prognoseverfahren sein soll, desto mehr und genauere Daten müssen vorliegen. Im abschließenden Kapitel dieser Arbeit wird daher auf die Notwendigkeit der Datenpflege eingegangen.

Anschließend an die Darstellung der aktuellen Situation einschließlich ihrer Schwächen, werden nun einige Prognoseverfahren und ihre Anwendung anhand eines Beispiels veranschaulicht. Ebenso werden sich daraus ergebende Vorteile aufgezeigt.

3.2. Prognoseberechnung mittels ausgewählter Verfahren

Aus der Literatur sind die unterschiedlichsten mathematischen Methoden bekannt, um aus Vergangenheitswerten zukünftige Werte zu prognostizieren. In der vorliegenden Arbeit werden die Methoden auf die Anwendung in der Bedarfsplanung für Ersatzteilbedarfe eingegrenzt.

Bevor auf die verschiedenen Verfahren eingegangen werden kann, muss erst einmal geklärt werden, wie bzw. nach welchen Kriterien überhaupt ein spezielles Prognoseverfahren ausgewählt werden kann. Im Wesentlichen können folgende Kriterien zur Verfahrensauswahl herangezogen werden:⁸⁰

- Der Bedarfsverlauf (gleich bleibend, trendförmig, saisonabhängig)⁸¹

⁸⁰ Vgl. Gienke Helmuth, Kämpf Rainer: Handbuch Produktion, Innovative Produktionsmanagement: Organisation, Konzepte, Controlling; München 2007; S. 602

⁸¹ Vgl. ebenda

- Die Reaktion auf echte Bedarfsänderungen, aber Unempfindlichkeit gegenüber Zufallsschwankungen⁸²
- Die Anforderungen an die EDV⁸³
- Die Einfachheit und Verständlichkeit für die betriebliche Praxis⁸⁴

Ein Prognoseverfahren sollte eingesetzt werden, wenn sein Aufwand den erwarteten Wert der von ihm erbrachten unvollkommenen Information nicht übersteigt.⁸⁵

Nachfrageverlauf	Prognoseverfahren
Konstant	(Gewogener oder ungewogener) gleitender Mittelwert Exponentielle Glättung 1. Ordnung
Linearer Trend	Exponentielle Glättung 2. Ordnung (mit Trendkorrektur) Verfahren von Holt (Weiterentwicklung der exp. Glättung 2. O.) Lineare Regressionsanalyse
Saisonal (ggf. mit linearem Trend)	Ratio-to-Moving-Average-Methode (Zeitreihendekomposition) Exponentielle Glättung 3. Ordnung (Verfahren von Winters) Multiple lineare Regressionsanalyse
Sporadisch	Zerlegung des Periodenbedarfs in die Komponenten „Anzahl der Aufträge“ und „Bedarfsmenge je Auftrag“. Zerlegung des Periodenbedarfs in die Komponenten „Bedarfszeitpunkt“ und „Bedarfsmenge“

Abbildung 31: Prognoseverfahren in Abhängigkeit vom Bedarfsverlauf⁸⁶

Die Abbildung oben zeigt eine Aufstellung der verschiedensten Prognoseverfahren und ihre Anwendungsmöglichkeit bezogen auf den Bedarfsverlauf.

Stellvertretend und um für jeden Verlaufsfall ein Beispiel anzuführen, werden nun in weiterer Folge die Verfahren des Mittelwerts, die exponentielle Glättung 1. Ordnung, die lineare Regression und die Zeitreihenanalyse genauer untersucht.

⁸² Gienke Helmuth, Kämpf Rainer: a.a.O.; S. 206

⁸³ ebenda

⁸⁴ ebenda

⁸⁵ Bea Franz-Xaver, Friedl Birgit, Schweitzer Marcell: a.a.O.; S. 773

⁸⁶ Vgl. Mathar Hans-Joachim, Scheuring Johannes: Logistik für technische Kaufleute und HWD, Grundlagen mit Beispielen, Repetitionsfragen und Antworten sowie Übungen; 2. Auflage; Zürich 2011; S. 110

3.2.1. Arithmetischer / gleitender / gewichteter Mittelwert

Bei einem Vorhersagemodell für gleichbleibende Bedarfe bildet man den Vorhersagewert für eine zukünftige Periode aus einer Mittelwertbildung irgendeiner Form aus den vergangenen Verbräuchen.⁸⁷

Die Mittelwertbildung ist eine relativ einfache Art der Prognoseberechnung, stellt dementsprechend auch geringe Anforderungen an das EDV-System bzw. die benötigten Daten.

Besonders geeignet ist die Bildung eines Mittelwerts daher bei annähernd konstanten Verbräuchen. Doch auch bei annähernd konstanten Verbräuchen schwanken die Bedarfsmengen leicht. Durch die Bildung eines Mittelwerts wird das echte Geschehen „gedämpft“ oder „geglättet“ nachvollzogen und in die Zukunft projiziert.⁸⁸

Auch bei leichten und stetigen Trendverläufen findet die Mittelwertbildung als Prognoseverfahren Anwendung, bei trendförmigen Verbräuchen wird die Prognose aber ungenau.

Die einfachste Variante der Mittelwertbildung stellt der **arithmetische Mittelwert** dar, der sich wie folgt berechnet:

$$P_t(t+k) = M_t = 1/n * \sum_{t-i} N_{t-i} \quad ^{89}$$

⁸⁷ Vgl. Schönsleben Paul: Integrales Logistikmanagement, Operations und Supply Chain Management innerhalb des Unternehmens und unternehmensübergreifend; 6. Auflage; Heidelberg 2011; S. 477

⁸⁸ Vgl. ebenda

⁸⁹ ebenda

Die Variablen werden wie folgt definiert, diese Definitionen gelten auch für den gleitenden und den gewichteten Mittelwert.

M_t	Mittelwert, berechnet am Ende der Periode t
$P_t(t+k)$	Prognosewert für die Periode $t+k$, berechnet am Ende der Periode t
N_i	Nachfrage der Periode i , gemessen am Ende der Periode i
t	Laufende bzw. soeben abgeschlossene Periode
n	Konstante Periodenzahl, je kleiner n gewählt wird, desto rascher reagiert die Voraussage auf Nachfrageschwankungen
k	Abstand einer künftigen von der soeben beendeten Periode

Tabelle 8: Definition Variablen für Mittelwertberechnung⁹⁰

Da es natürlich in der täglichen Praxis nicht möglich ist, immer alle Vergangenheitswerte, also alle vergangenen Perioden, zu berücksichtigen, muss die Anzahl der berücksichtigten Perioden (n) definiert werden. Wird diese Anzahl beispielsweise mit $n = 12$ (Monate) festgelegt, so werden immer die letzten 12 Monate berücksichtigt. Nach dem Prinzip der rollierenden Planung bleibt die Anzahl konstant, indem der jüngst vergangene Monat in die Berechnung einfließt und der älteste Monat heraus fällt.

In diesem Fall spricht man dann von einem **gleitenden Mittelwert**.

Für ein Beispiel zur Prognose mittels gleitendem Mittelwert sollen als Ausgangsdaten die Verbräuche aus Tabelle 6 in Pkt. 3.1. herangezogen werden. Als berücksichtigte Periodenanzahl wird $n = 12$ Monate gewählt.

$$P_t(t+k) = M_t = 1/n * \sum_{t-i}$$

$$P_t(t+k) = M_t = 1/12 * (14+27+21+33+9+10+31+6+28+31+16+21)$$

$$P_t(t+k) = M_t = 20,5833 \sim \underline{\underline{21}}$$

Im Gegensatz zum aktuell verwendeten Prognoseverfahren wird mit dem gleitenden Mittelwert eine geringere Menge prognostiziert. Der Grund liegt im trendförmigen Verbrauchsverlauf und der Gewichtung der letzten Verbräuche in der aktuell angewandten Prognosemethode.

⁹⁰ Vgl. Schönsleben Paul: a.a.O.; S. 476

Um das Beispiel auszuweiten, soll nun die berücksichtigte Periodenanzahl auf $n = 4$ Monate reduziert werden.

$$P_t(t+k) = M_t = 1/n * \sum_{t-i} N_{t-i}$$

$$P_t(t+k) = M_t = 1/4 * (28+31+16+21)$$

$$P_t(t+k) = M_t = \underline{\underline{24}}$$

In diesem Fall wird eine größere Menge im Vergleich zum aktuellen Prognoseverfahren der LWT berechnet. Nur die letzten 4 Werte, die relativ hoch waren, wurden berücksichtigt, daher ist auch der berechnete Mittelwert höher. Es wird eindeutig dargestellt, wie die Anzahl der berücksichtigten Perioden sich auf die Reaktion der Berechnung auf Bedarfsschwankungen auswirkt. Damit ist auch gezeigt, dass sich dieses Verfahren für trendförmige Verläufe nur bedingt eignet, wohingegen es für konstante Verläufe, nicht nur wegen seiner Einfachheit, prädestiniert ist.

Um den Anforderungen, die trendförmige Verbrauchsverläufe an die Mittelwertberechnung stellen, besser gerecht zu werden, kann die Mittelwertberechnung um die spezielle Gewichtung gewisser Perioden erweitert werden.

Soll eine Anpassungsfähigkeit des Prognoseverfahrens an die aktuelle Nachfrage erreicht werden, dann müssen die Nachfragewerte der letzten Perioden stärker gewichtet werden.⁹¹

Man spricht dann vom **gewichtet gleitenden Mittelwert**.

Bei Verwendung eines gewichtet gleitenden Mittelwerts kann man durch einen Gewichtungsfaktor einzelne Perioden unterschiedlich stark gewichten und so jüngeren Zeitabschnitten ein stärkeres Gewicht als älteren zuordnen oder umgekehrt und außerdem irreguläre Extremwerte durch eine vergleichsweise geringere Gewichtung korrektiv abschwächen.⁹² Dadurch wird versucht, trendmäßige Entwicklungen zu berücksichtigen, und eine wirklichkeitsnähere Prognose zu erhalten.⁹³

⁹¹ Vgl. Schönsleben Paul: a.a.O.; S. 480

⁹² Vgl. Aubeck Henz-J.: Wirtschaftsmathematik für Schule und Ausbildung; 2. Auflage; Norderstedt 2012; S. 341

⁹³ Vgl. ebenda

Der gewichtet, gleitende Mittelwert wird nach folgender Formel berechnet:

$$M_t = \sum (G_{t-i} * N_{t-i}) / \sum G_{t-i} \quad 0 \leq i \leq \infty^{94}$$

Es werden wieder die Variablen aus Tabelle 8 verwendet, G ist dabei die jeweilige Gewichtung.

Auch beim Berechnungsbeispiel für den gewichtet gleitenden Mittelwert wird wieder auf die Ausgangsdaten aus Tabelle 6 zurückgegriffen. Weiters werden 2 verschiedene Gewichtungen der einzelnen Perioden gewählt, um den Einfluss der Gewichtungen zu verdeutlichen.

Verbräuche N	Gewichtung G ₁	G ₁ * N	Gewichtung G ₂	G ₂ * N
14	5	70	2	28
27	5	135	2	54
21	5	105	2	42
33	5	165	2	66
9	8	72	20	180
10	8	80	20	200
31	8	248	20	620
6	8	48	20	120
28	12	336	15	420
31	12	372	15	465
16	12	192	15	240
21	12	252	15	315
	Σ G₁ = 100	Σ G₁ * N = 2075	Σ G₂ = 148	Σ G₂ * N = 2750
M_t:	20,75		18,58	

Tabelle 9: Berechnung gewichtet gleitender Mittelwert⁹⁵

Aus der Berechnung in Tabelle 9 ist eindeutig der Einfluss der Gewichtungen auf das jeweilige Prognoseergebnis zu sehen. Mit dieser Methode der Prognoseberechnung wird es möglich, entweder durch große Gewichte auf die

⁹⁴ Schönsleben Paul: a.a.O.; S. 480

⁹⁵ Tabelle des Verfassers; Inzing 2012

jüngsten Verbräuche stark auf kurzfristige Bedarfsschwankungen zu reagieren oder durch relativ gleichmäßige Gewichte auf alle Bedarfe ungewöhnliche Verbrauchsspitzen abzufedern. Nach jeder Periode wird auch beim gewichtet gleitenden Mittelwert der jüngste Verbrauch neu in die Berechnung aufgenommen, der älteste Verbrauch fällt heraus.

3.2.2. Exponentielle Glättung 1. Ordnung

Es wird nun ein weiteres, relativ einfach anzuwendendes Verfahren zur Prognoseberechnung vorgestellt, die exponentielle Glättung 1. Ordnung. Gut geeignet ist dieses Verfahren, wie die Mittelwertberechnung, für konstante bzw. stetige Verbräuche.

Verfahren der exponentiellen Glättung benutzen die Abweichungen zwischen den prognostizierten und den eingetretenen Bedarfen, um die künftigen Prognosen zu verbessern.⁹⁶

Ähnlich wie bei der Mittelwertbildung werden sämtliche bereits realisierten Bedarfswerte berücksichtigt, es findet allerdings eine Gewichtung mit exponentiell abnehmenden Gewichtungsfaktoren statt.⁹⁷ Der Einfluss von weiter zurückliegenden Werten nimmt daher sehr schnell ab.⁹⁸

Anders als beim gewichtet, gleitenden Mittelwert, bei dem das Gewicht jeder Periode separat zu bestimmen ist, wird bei der exponentiellen Glättung lediglich ein Glättungsparameter als Gewicht des letzten beobachteten Wertes vorgegeben.⁹⁹

Das Verfahren ist sehr einfach anzuwenden und erfordert nur die Bestimmung eines einzelnen Parameters.¹⁰⁰

Da die exponentielle Glättung immer die Abweichung zwischen dem prognostizierten Wert und dem tatsächlich eingetretenen Wert verwendet, kann auch nur eine Periode in die Zukunft prognostiziert werden. Das ist auch der Grund, warum dieses Verfahren nur für konstante Verbrauchsverläufe

⁹⁶ Vgl. Steven Marion: BWL für Ingenieure; 4. Auflage; München 2012; S. 59

⁹⁷ Vgl. ebenda

⁹⁸ Vgl. ebenda

⁹⁹ Vgl. ebenda; S. 59 f.

¹⁰⁰ Bea Franz-Xaver, Friedl Birgit, Schweitzer Marcell: a.a.O.; S. 783

anwendbar ist. Im Ersatzteilwesen kämen für dieses Verfahren gängige Wartungs- und Serviceteile sowie gewisse Verschleißteile mit nahezu konstanten Verbräuchen und kurzen Wiederbeschaffungszeiten in Frage.

Berechnet wird die exponentielle Glättung 1. Ordnung nach der folgenden Formel:

$$V_n = V_a + \alpha * (T_i - V_a)^{101}$$

Wobei folgende Variablen verwendet werden:¹⁰²

V_n = neue Vorhersage

V_a = alte Vorhersage

T_i = tatsächlicher Bedarf der abgelaufenen Periode

α = Glättungsfaktor $0 \leq \alpha \leq 1$

Das Prognoseverfahren der exponentiellen Glättung berücksichtigt bei der nächsten Prognose jeweils die in der Vergangenheit aufgetretenen Prognosefehler, wobei der Parameter α angibt, wie „ernst“ die Fehler genommen werden.¹⁰³

Wird α hoch gewählt, so erfolgt eine schnelle Anpassung der Bedarfsprognose an veränderte Verbräuche, allerdings wirken sich auch Ausreißerwerte und Zufallseinflüsse stark auf die Prognose aus.¹⁰⁴ Bei einem geringen Wert für α reagiert die Prognose träger auf Veränderungen im Bedarfsverlauf, nur längerfristige Schwankungen werden erkannt und berücksichtigt.¹⁰⁵

Eine übliche Empfehlung für die Praxis lautet, im Normalfall mit einem geringen α im Bereich zwischen 0,1 und 0,3 zu arbeiten, diesen Wert jedoch bei offensichtlichem Auftreten eines Strukturbruchs solange zu erhöhen, bis sich die Prognosewerte an das neue Bedarfsniveau angepasst haben.¹⁰⁶

¹⁰¹ Wannenwetsch Helmut: Integrierte Materialwirtschaft und Logistik, Beschaffung, Logistik, Materialwirtschaft und Produktion; 4. Auflage; Heidelberg 2010; S. 55

¹⁰² ebenda

¹⁰³ Vgl. Steven Marion: a.a.O.; S. 60

¹⁰⁴ Vgl. ebenda

¹⁰⁵ Vgl. ebenda

¹⁰⁶ ebenda

Da der Glättungsfaktor α in den meisten Fällen nicht für jedes Teil separat bestimmt wird, wird man solche Veränderungen generell durchführen, wenn es beispielsweise zu einem konjunkturellen Abschwung kommt und man mit sinkenden Umschlagszahlen rechnet.

Auch die Anwendung der exponentiellen Glättung 1. Ordnung und im Besonderen der Einfluss des Glättungsfaktors sollen anhand eines Beispiels aus der Praxis dargestellt werden. Gewählt wurden dafür die Verbräuche von zwei klassischen Verschleißteilen, nämlich die Eckschneiden des Planierschildes einer Planiererraupen PR724.

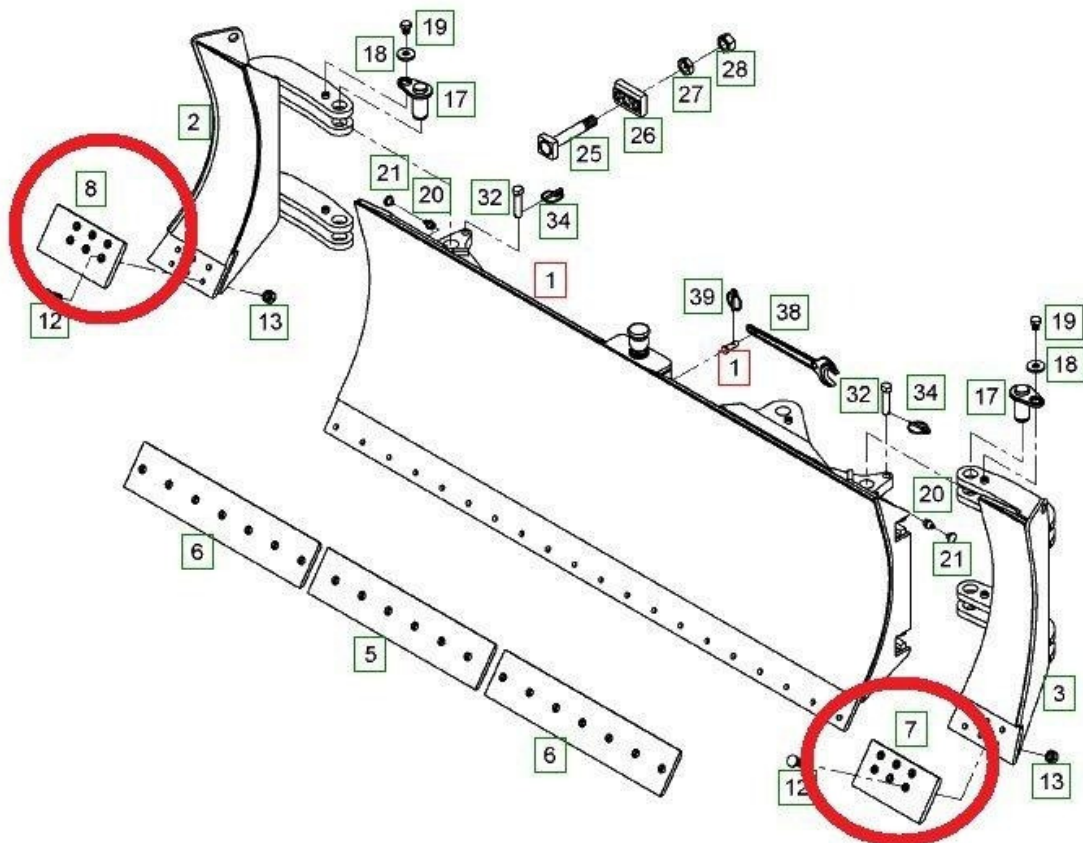


Abbildung 32: Eckschneiden Planiererraupen¹⁰⁷

Bei den Eckschneiden, Positionen 7 und 8 in Abbildung 32, handelt es sich um Teile, die am Arbeitsgerät der Planiererraupen direkten Kontakt zum Untergrund haben und deshalb innerhalb einer gewissen Standzeit verschleifen.

¹⁰⁷ LIDOS, Liebherr-Dokumentations-System, elektronischer Ersatzteilkatalog der LWT, Stand 12/12, abgefragt am 21.03.2012

Dieser Verschleiß und das daraus resultierende Wechselintervall der Teile hängen vom Einsatz, dem Material des Untergrundes und der Arbeitsweise des Fahrers ab. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass solche Teile in regelmäßigen Abständen ersetzt werden müssen und im Ersatzteilwesen daher von relativ konstanten Ersatzteilverbräuchen ausgegangen werden kann. Die Verbrauchswerte der beiden Teile, die der Berechnung zugrunde liegen, stammen aus dem ERP-System der LWT, entsprechende Screenshots können im Anhang 1 dieser Arbeit eingesehen werden.

Berechnung der Prognose für Eckschneide links Id. 9183110 mit drei unterschiedlichen Glättungsfaktoren:

Periode	Verbrauch T_i	Prognosewert V_n bei $\alpha = 0,1$	Prognosewert V_n bei $\alpha = 0,3$	Prognosewert V_n bei $\alpha = 0,8$
201103	16	16	16	16
201104	19	16	16	16
201105	16	16,3	16,9	18,4
201106	33	16,27	16,63	16,48
201107	27	17,943	21,541	29,696
201108	14	18,8487	23,1787	27,5392
201109	13	18,36383	20,42509	16,70784
201110	13	17,827447	18,197563	13,741568
201111	17	17,3447023	16,6382941	13,1483136
201112	18	17,31023207	16,74680587	16,22966272
201201	15	17,37920886	17,12276411	17,64593254
201202	16	17,1412879767	16,4859348763	15,5291865088
Prognosewert:		17,02715917903	16,34015441341	15,90583730176

Tabelle 10: Berechnungsbeispiel Eckschneide links Exponentielle Glättung 1. Ordnung¹⁰⁸

Bereits an diesem einen Beispiel ist zu erkennen, wie sich die unterschiedlichen Glättungsfaktoren auf den errechneten Prognosewert auswirken.

Das gewählte Beispiel hat relativ konstante Verbräuche bis hin zur letzten Periode. Noch deutlicher wird der Einfluss des Glättungsfaktors, wenn die letzte Periode ein Ausreißer ist, die Verbräuche der Eckschneide rechts weisen einen solchen Verlauf auf.

¹⁰⁸ Tabelle des Verfassers, Inzing 2012

Berechnung der Prognose für Eckschneide links Id. 9183110 mit drei unterschiedlichen Glättungsfaktoren:

Periode	Verbrauch T_i	Prognosewert V_n bei $\alpha = 0,1$	Prognosewert V_n bei $\alpha = 0,3$	Prognosewert V_n bei $\alpha = 0,8$
201103	15	15	15	15
201104	25	15	15	15
201105	10	16	18	23
201106	25	15,4	15,6	12,6
201107	25	16,36	18,42	22,52
201108	20	17,224	20,394	24,504
201109	15	17,5016	20,2758	20,9008
201110	10	17,25144	18,69306	16,18016
201111	15	16,526296	16,085142	11,236032
201112	10	16,3736664	15,7595994	14,2472064
201201	15	15,73629976	14,03171958	10,84944128
201202	0	15,6626697840	14,3222037060	14,1698882560
Prognosewert:		14,09640280560	10,02554259420	2,83397765120

Tabelle 11: Berechnungsbeispiel Eckschneide rechts Exponentielle Glättung 1. Ordnung¹⁰⁹

Durch den extrem aus der Reihe fallenden Verbrauchswert der Periode 201202, der durch die unterschiedlichen Glättungsfaktoren entsprechend unterschiedlich gewichtet wird, ergeben sich auch deutlich unterschiedliche Prognosewerte für die folgende Periode.

Wie kann nun im Ersatzteilwesen mit solchen Verbrauchswerten umgegangen werden?

Ist der „Ausreißer“ ein Ausnahmefall und es wird zukünftig wieder mit konstanten Bedarfen gerechnet, so wird man den Glättungsfaktor eher klein belassen.

Sind solche „Ausreißer“ aber auch bei anderen Teilen, wenn auch nicht in so extremer Ausprägung zu erkennen, dann kann unter Umständen auf einen generellen Rückgang der Umschlagszahlen geschlossen werden. In so einem Fall macht es Sinn, den Glättungsfaktor höher festzulegen, um auf diese Entwicklung schneller reagieren zu können. Unnötig hohe Bestände, die sich im Falle eines Abschwungs erst recht negativ auswirken, können so vermieden oder zumindest in Grenzen gehalten werden.

¹⁰⁹ Tabelle des Verfassers, Inzing 2012

3.2.3. Lineare Regression

Gerade im Ersatzteilwesen gibt es aber nicht nur konstante Verbrauchsverläufe, in vielen Fällen folgen die Verbräuche einem Trend.

Die Ursachen für trendförmige Verbrauchsverläufe bei Ersatzteilen können aus den unterschiedlichsten Bereichen kommen. Beispielsweise kann der Grund solcher Verläufe in technischen Änderungen liegen. Das neue Teil beginnt ab seiner Einführung mit Verbrauch 0 und steigt erst kontinuierlich an. Generell gilt zu sagen, dass die Ersatzteilbedarfe nicht nur von dem Lebensdauerzyklus der verbauten Teile abhängen, sondern auch von der Anzahl der ausgelieferten Maschinen, die, solange das Produkt produziert wird, auch stetig steigt.

Läuft ein Produkt aus, werden mit einigen Jahren Verzögerung auch die Maschinen im Feld als potentielle Bedarfsträger für Ersatzteile immer weniger, die Verbräuche werden also einem Trend nach unten folgen.

Die beiden bisher vorgestellten Prognoseverfahren sind für trendförmige Bedarfsverläufe nur bedingt oder gar nicht geeignet, es wird also ein Prognoseverfahren benötigt, das auch trendförmige Verläufe entsprechend berücksichtigen kann.

Das Verfahren der linearen Regression, auch als „Gaußsche Methode der kleinsten Quadrate“ bezeichnet, ist ein solches Verfahren.¹¹⁰

In der Theorie der linearen Regression ist es möglich, unter bestimmten Voraussetzungen bei vorgegebenen oder bekannten Punkten, einen erwartungstreuen Schätzwert für den Wert der Regressionsgeraden an einer weiteren Stelle zu berechnen.¹¹¹

Es wird versucht aus festgestellten Daten, im Ersatzteillfall den Verbräuchen pro Monat, eine steigende oder fallende Gerade anhand des bisherigen Verlaufs zu ermitteln. Wie generell bei der Prognoserechnung, wird auch hier davon ausgegangen, dass sich die zukünftigen Bedarfe auch auf bzw. in der Nähe dieser Geraden befinden werden. Es kann somit prinzipiell der Bedarf für jede

¹¹⁰ Vgl. Aliche Knut: Planung und Betrieb von Logistiknetzwerken, Unternehmensübergreifendes Supply Chain Management; 2. Auflage; Heidelberg 2005; S. 41

¹¹¹ Vgl. Mertens Peter, Rässler Susanne Hrsg.: Prognoserechnung; 6. Auflage; Heidelberg 2005; S. 91

beliebige Periode in der Zukunft vorausgesagt werden. Die Genauigkeit der Vorhersage beruht auf der Qualität der Vergangenheitswerte, man wird also nicht extrem weit in die Zukunft prognostizieren, sondern nur eine bis einige wenige Perioden.

Graphisch lässt sich das Prinzip der linearen Regression am verständlichsten darstellen.

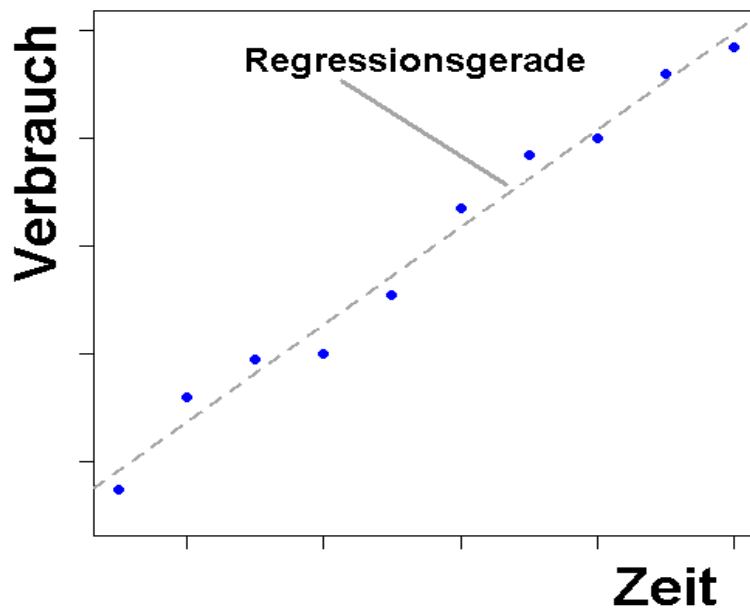


Abbildung 33: Lineare Regression¹¹²

Bei bekannten Werten, wird eine Gerade gesucht, die möglichst nahe an allen bekannten Punkten vorbeigeht bzw. diese sogar berührt. Diese lineare Funktion kann anhand zweier Parameter beschrieben und somit auch zur Berechnung zukünftiger Werte herangezogen werden:

$$\boxed{y = a + bx}^{113}$$

a stellt den Abschnitt auf der y-Achse, also den Abstand zur x-Achse und b den Anstieg, also die Steigung der Geraden dar.¹¹⁴

¹¹² Vgl. Vahrenkamp Richard: Produktionsmanagement; 6. Auflage; München 2008; S. 142

¹¹³ Vgl. ebenda; S. 147

¹¹⁴ Vgl. ebenda

Um eine möglichst genaue Anpassung an die vorhandenen Daten zu erzielen, ist zu fragen, wie die Größen a und b gewählt werden sollen.¹¹⁵ Die lineare Regression löst dieses Problem, indem als Kriterium der Anpassung die Summe der Abweichungsquadrate zwischen der linearen Funktion und den beobachteten Daten gewählt wird.¹¹⁶

Über Standardverfahren der Differenzialrechnung, die nicht Inhalt dieser Arbeit sein sollen, ist es möglich, a und b so zu wählen, dass die Summe der Abweichungsquadrate minimal wird.¹¹⁷

Die Werte a und b könne nach folgenden Formeln ermittelt werden:

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}$$
$$a = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n y_i - b \sum_{i=1}^n x_i \right)$$

Abbildung 34: Berechnungsformeln lineare Regression¹¹⁸

Folgende Variablen werden verwendet:¹¹⁹

n = Periodenanzahl
x_i = Periodennummer
y_i = Periodenverbrauch

Zur Verdeutlichung der Anwendung der linearen Regression zur Prognose von Ersatzteilverbräuchen wird ein Beispiel mit Zahlen aus der Praxis berechnet.

¹¹⁵ Vgl. Vahrenkamp Richard: a.a.O.; S. 148

¹¹⁶ Vgl. ebenda

¹¹⁷ Vgl. ebenda

¹¹⁸ Vgl. Hüttner Manfred: Prognoseverfahren und ihre Anwendung; Berlin 1986; S. 18

¹¹⁹ Vgl. ebenda

Beim ausgewählten Ersatzteil handelt es sich um ein sogenanntes „Servicepaket“ der Planierdrape PR734 für die 1000 Betriebsstunden Wartung. Solche Pakete beinhalten alle für den jeweiligen Service notwendigen Filter bzw. sonstige Teile. Die Anzahl der Maschinen dieses Typs im Feld steigt stetig an, weshalb sich bei den Verbräuchen dieses Artikels ein annähernd stetiger Trend einstellt. Die der Berechnung zugrunde liegenden Verbräuche stammen, wie bereits bei den vorangegangenen Beispielen, aus dem ERP-System der LWT, siehe dazu auch Anhang 2.

In den in Abbildung 34 angeführten Formeln werden einige Summen und Zwischenergebnisse als Rechengrößen benötigt, es macht daher Sinn, diese vorab in einer Tabelle zu berechnen.¹²⁰

Periode	laufende Periode x_i	Verbrauch y_i [Stk.]	Rechengrößen	
			x_i^2	$x_i * y_i$
201012	1	10	1	10
201102	2	5	4	10
201103	3	10	9	30
201105	4	10	16	40
201106	5	9	25	45
201107	6	26	36	156
201108	7	20	49	140
201109	8	18	64	144
201110	9	8	81	72
201111	10	14	100	140
201201	11	10	121	110
201202	12	20	144	240
n = 12	$\sum x_i = 78$	$\sum y_i = 160$	$\sum x_i^2 = 650$	$\sum (x_i * y_i) = 1137$

Tabelle 12: Nebenrechnungen zur linearen Regression¹²¹

Diese Werte eingesetzt in die Formeln aus Abbildung 34 ergeben nun die, für die Geradenfunktion benötigten Variablen, a und b.

$$b = 0,678321678$$

$$a = 8,924242424$$

¹²⁰ Routinen zur Berechnung der Parameter einer linearen Regression sind in den meisten Taschenrechner-Modellen standardmäßig implementiert.

¹²¹ Tabelle des Verfassers; Inzing 2012

Die Geradenfunktion der Regressionsgeraden für den aktuellen Verbrauchsverlauf lautet demnach:

$$y = 8,924 + 0,678 x$$

Somit lassen sich nun die Prognosewerte y für jeden zukünftigen Zeitpunkt x berechnen. Im Beispiel wurden die nächsten 4 Perioden mit den jetzt vorliegenden Daten ermittelt.

Periode	Periodennummer	Verbrauch
201012	1	10
201102	2	5
201103	3	10
201105	4	10
201106	5	9
201107	6	26
201108	7	20
201109	8	18
201110	9	8
201111	10	14
201201	11	10
201202	12	20
201203	13	17,74
201204	14	18,42
201205	15	19,10
201206	16	19,78

Tabelle 13: Prognoseberechnung mittels linearer Regression¹²²

Die farblich hervorgehobenen Perioden sind jene zukünftigen Perioden, für die eine Verbrauchsprognose berechnet wurde. Nach Ablauf der Periode mit der Periodennummer 13 wird der tatsächliche Verbrauch aus dieser Periode in einer neuerlichen Prognoseberechnung berücksichtigt, die berechneten Prognosewerte für die nachfolgenden Perioden werden sich somit noch ändern!

Als Abschluss dieses Beispiels werden noch die Verbräuche in einem Diagramm dargestellt und die entsprechende Regressionsgerade angezeigt, die berechneten Verbräuche müssen verständlicherweise genau auf dieser Geraden liegen.

¹²² Tabelle des Verfassers; Inzing 2012

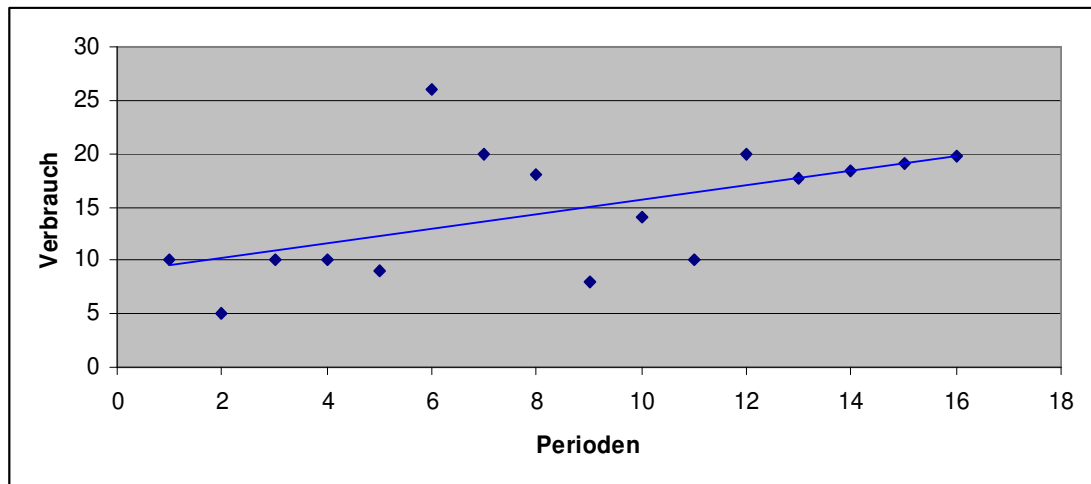


Abbildung 35: Grafik Ergebnis Berechnung lineare Regression¹²³

Dieses Praxisbeispiel und der dazugehörige Graph verdeutlichen, dass auch bei Bedarfsverläufen, die nicht auf den ersten Blick als trendförmige Verläufe zu erkennen sind, mittels der linearen Regression eine Bedarfsprognose berechnet werden kann. Ausreißer wie in Periode 201107 können von einer Prognoseberechnung nicht in geeigneter Form berücksichtigt werden, es käme in dem Fall bei einem neuerlichen Auftreten zu Versorgungsengpässen. Eine Möglichkeit, solche Engpässe trotzdem zu vermeiden, wird in Kapitel 4 dieser Arbeit beschrieben.

3.2.4. Zeitreihenanalyse

Nachdem nun für konstante und trendförmige Verbrauchsverläufe Prognoseverfahren, die für die Anwendung im Ersatzteilwesen relativ leicht und gut anwendbar sind, vorgestellt wurden, gilt es abschließend noch die saisonal schwankenden bzw. einer Trendsaison folgenden Bedarfe zu prognostizieren.

Um ein geeignetes Prognoseverfahren und einen sinnvollen Prognoseparameter auszuwählen, muss der Materialdisponent eine Analyse

¹²³ Abbildung des Verfassers; Inzing 2012

der Zeitreihe durchführen, mit der er beurteilt, welche charakteristischen Merkmale die betrachtete Materialidentnummer aufweist im Hinblick auf:¹²⁴

- Die langfristige Entwicklung des Bedarfs (Trend)¹²⁵
- Periodische Schwankungen um den Trend (Saison)¹²⁶
- Zufällige Abweichungen von der durch Trend und Saison bestimmten Entwicklung (Zufallskomponente)¹²⁷
- Nachhaltige Änderungen der langfristigen Bedarfsentwicklung (Strukturbrüche)¹²⁸

Unter einer **Zeitreihe** ist eine Folge von zeitlich geordneten Beobachtungswerten eines mindestens auf Intervallskalenniveau gemessenen Merkmals zu verstehen.¹²⁹

Bei der Analyse einer Zeitreihe ist man bestrebt, die einzelnen Komponenten zu erkennen und getrennt zu bestimmen.¹³⁰ In diesem Zusammenhang ist insbesondere der Trend von besonderer Bedeutung, hierzu wird das Verfahren der gleitenden Durchschnitte vorgestellt.¹³¹

Für ein gewisses Teil liegen Vergangenheitswerte über die Monatsverbräuche vor, welche die oben angeführten Merkmale aufweisen. Die nachhaltigen Änderungen der langfristigen Bedarfsentwicklung, also konjunkturelle Änderungen, werden bei der Anwendung in der Ersatzteilmwirtschaft nicht berücksichtigt. Meist werden Prognosen monatlich oder sogar zweimal pro Monat nach dem Prinzip der rollierenden Planung überrechnet, zudem haben alle Teile, die als Ersatzteile in Frage kommen, Wiederbeschaffungszeiten von deutlich unter einem Jahr. Aus diesem Grund können konjunkturelle

¹²⁴ Melzer-Ridinger Ruth: Materialwirtschaft und Einkauf; Band 1: Beschaffung und Supply-Chain-Management; 4. Auflage; München 2004; S. 182

¹²⁵ ebenda

¹²⁶ ebenda

¹²⁷ ebenda

¹²⁸ ebenda, S. 183

¹²⁹ Voß Werner: Taschenbuch der Statistik; 2. Auflage; München 2004; S. 243

¹³⁰ Sauerbier Thomas: Statistik für Wirtschaftswissenschaftler, Managementwissen für Studium und Praxis; 2. Auflage; München 2003; S. 80

¹³¹ Vgl. ebenda

Schwankungen, die einen langfristigen Horizont haben, bei der Prognose von Ersatzteilbedarfen vernachlässigt werden.

Man geht i. a. von der Vorstellung aus, dass die vier Komponenten einer Zeitreihe entweder additiv oder multiplikativ miteinander verknüpft sind.¹³²

Für eine additive Verknüpfung gilt:

$$\boxed{Y = T + C + S + I}^{133}$$

→ nicht prognostizierbar
→ prognostizierbar

Für eine multiplikative Verknüpfung gilt:

$$\boxed{Y = T * C * S * I}^{134}$$

T steht für die Trendkomponente, C für die vernachlässigte Konjunkturkomponente, S für die Saisonkomponente und I markiert die „irreguläre“ Komponente, die kleine, unregelmäßige Schwankungen der Bedarfe um die eigentliche Zeitreihe darstellt.

Diese irregulären Schwankungen kommen gerade im Ersatzteilwesen von den schwankenden Monatsbedarfen, die jederzeit auftreten.

Um dieses Verfahren verständlich und für die Praxis umsetzbar erklären zu können, wird hierzu ein Beispiel berechnet.

Als Ausgangssituation wird das in Punkt 3.1. berechnete Beispiel und dessen Verbrauchsverteilung herangezogen. Um die Rechnung nicht unnötig zu verkomplizieren und um die Erklärung zur Funktionsweise der Berechnung deutlicher zu machen, werden die Verbrauchswerte vom Verfasser angepasst, indem einige Werte frei gewählt werden.

¹³² Tempelmeier Horst: Materiallogistik, Modelle und Algorithmen für die Produktionsplanung und -steuerung in Advanced-Planning Systemen; 6. Auflage; Heidelberg 2006; S. 39

¹³³ ebenda; S. 40

¹³⁴ ebenda

Für das Beispiel wird von folgender Verbrauchssituation ausgegangen:

Periode	Verbrauch [Stk.]	Tertiär	Periodenübergang
1	16	Tertiär 1	+ 5
2	21		- 3
3	18		- 3
4	15		
5	23	Tertiär 2	+ 6
6	29		- 2
7	27		- 3
8	24		
9	27	Tertiär 3	+ 4
10	31		- 1
11	30		- 2
12	28		

Tabelle 14: Ausgangswerte für Zeitreihenanalyse¹³⁵

Anhand der Verbräuche ist ein trendförmiger Anstieg und eine saisonale Schwankung innerhalb der Tertiäre zu erkennen, es muss also nur noch festgestellt werden, ob die vorhandenen Komponenten additiv oder multiplikativ verknüpft sind.

Mit Hilfe der Periodenübergänge lässt sich die additive Verknüpfung erkennen, aus diesem Grund wurden auch die Werte entsprechend anschaulich gewählt.

Im ersten Berechnungsschritt wird nun die Trendkomponente der Zeitreihe analysiert, das geschieht mit Hilfe von gleitenden Durchschnitten. Eine Voraussetzung dafür ist jedoch, dass bei Vorliegen periodischer Schwankungen die Ordnung der gleitenden Durchschnitte mit der Periodendauer der Schwankungen übereinstimmt oder ein Vielfaches davon beträgt.¹³⁶

Im angegebenen Beispiel wird daher der gleitende Mittelwert 4. Ordnung verwendet.

Bei einem Durchschnitt 4. Ordnung, also einer geraden Ordnung, würde der Mittelwert einem Zeitpunkt zugewiesen, der zwischen zwei Perioden liegt.¹³⁷

¹³⁵ Tabelle des Verfassers; Inzing 2012

¹³⁶ Sauerbier Thomas: a.a.O.; S. 80

¹³⁷ Vgl. ebenda; S. 81

In diesem Fall wird zusätzlich ein angrenzender Wert in die Mittelwertberechnung einbezogen, wobei die beiden äußeren Werte nur mit halbem Gewicht versehen werden.¹³⁸

Tertiär	1				2				3			
Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Verbrauch Y	16	21	18	15	23	29	27	24	27	31	30	28
Trend T			18,38	20,25	22,38	24,63	26,25	27,00	27,63	28,50		

Tabelle 15: Berechnung Trendkomponente Zeitreihenanalyse¹³⁹

Die Berechnung der Werte für T erfolgt dabei mittels eines gleitenden Durchschnitts 4. Ordnung, für den Wert der Periode 3 ergibt das gemäß der oben angeführten Beschreibung folgende Berechnung.

$$T = (16 \cdot 0,5 + 21 + 18 + 15 + 23 \cdot 0,5) / 4 = 18,38$$

Zudem besitzen gleitende Durchschnitte eine Glättungseigenschaft.¹⁴⁰ Das wird in der folgenden Abbildung, die die Werte für Y und T aus Tabelle 15 beinhaltet, deutlich.

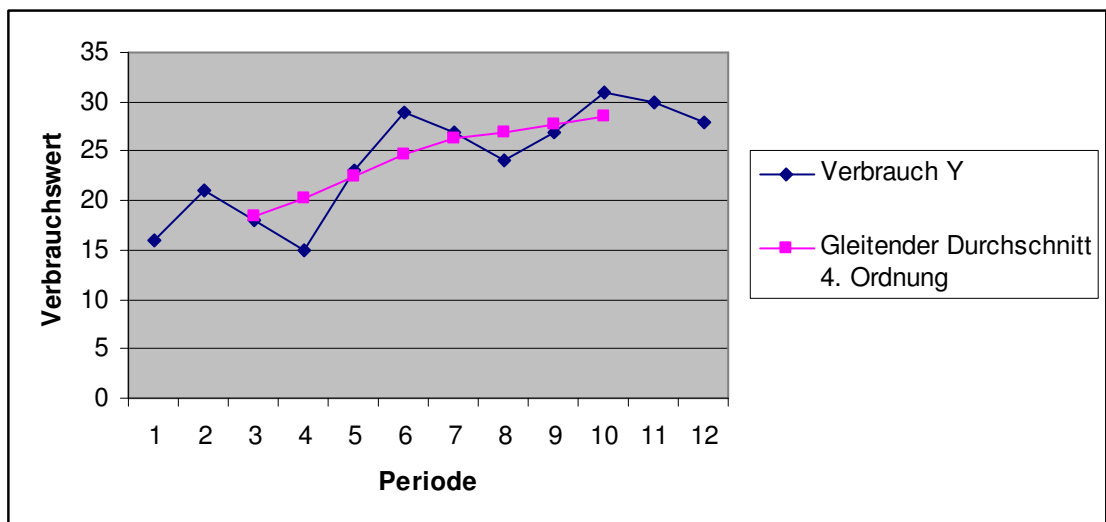


Abbildung 36: Diagramm Verbrauch und gleitender Durchschnitt 4. Ordnung¹⁴¹

¹³⁸ Vgl. Sauerbier Thomas: a.a.O.; S. 80

¹³⁹ Tabelle des Verfassers; Inzing 2012

¹⁴⁰ Vgl. Voß Werner: a.a.O.; S. 250

¹⁴¹ Abbildung des Verfassers; Inzing 2012

Nun ist der, durch den Trend verursachte durchschnittliche Anstieg der Verbräuche von einer Periode zur nächsten Periode bekannt. Insgesamt ist der Wert bei 7 Anstiegen von 18,38 auf 28,50 angestiegen, pro Anstieg also durchschnittlich $(28,50 - 18,38) / 7 = 1,45$. Dieser Wert wird zur Berechnung der Prognose zu einem späteren Zeitpunkt benötigt.

Es sind nun die Werte Y und T aus der Formel $Y = T + S + I$ bekannt, somit kann durch Umformen der Formel der Term $S + I$ berechnet werden. Um daraus die reinen saisonalen Schwankungen abzuleiten, muss nur der Mittelwert der gleichen Perioden pro Tertiär berechnet werden.

Tertiär	1				2				3			
Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Verbrauch Y	16	21	18	15	23	29	27	24	27	31	30	28
Trend T			18,38	20,25	22,38	24,63	26,25	27,00	27,63	28,50		
Y-T = S+I			-0,38	-5,25	0,63	4,38	0,75	-3,00	-0,63	2,50		
Saison S			0,19	-4,13	0,00	3,44	0,19	-4,13	0,00	3,44		

Tabelle 16: Berechnung Saisonkomponente Zeitreihenanalyse¹⁴²

Die irreguläre Komponente ergibt sich nun aus dem Ausdruck $S + I$, da S nun bekannt ist.

Tertiär	1				2				3			
Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Verbrauch Y	16	21	18	15	23	29	27	24	27	31	30	28
Trend T			18,38	20,25	22,38	24,63	26,25	27,00	27,63	28,50		
Y-T = S+I			-0,38	-5,25	0,63	4,38	0,75	-3,00	-0,63	2,50		
Saison S			0,19	-4,13	0,00	3,44	0,19	-4,13	0,00	3,44		
Irregulär I			-0,56	-1,13	0,63	0,94	0,56	1,13	-0,63	-0,94		

Tabelle 17: Berechnung irreguläre Komponente Zeitreihenanalyse¹⁴³

Der Trend, die saisonale Schwankung und die irreguläre Komponente sind nun bekannt. Anhand dieser Daten kann daher die Bedarfsprognose für das nächste Tertiär fortgeschrieben werden. Da die irreguläre Komponente nicht

¹⁴² Tabelle des Verfassers; Inzing 2012

¹⁴³ Tabelle des Verfassers; Inzing 2012

prognostizierbar ist, ihr Mittelwert ergibt 0, kann dieser Anteil der Zeitreihe nicht für zukünftige Bedarfe berücksichtigt werden.

Tertiär	3				1			
Periode	9	10	11	12	1	2	3	4
Verbrauch $Y = T + S + I$	27	31	30	28	32,84	37,73	35,92	33,05
Trend T	27,63	28,50	29,95	31,39	32,84	34,29	35,73	37,18
$Y - T = S + I$	-0,63	2,50						
Saison S	0,00	3,44	0,19	-4,13	0,00	3,44	0,19	-4,13
Irregulär I	-0,63	-0,94	0	0	0	0	0	0

Tabelle 18: Ergebnis Prognoseberechnung Zeitreihenanalyse¹⁴⁴

Mit dem Verfahren der Zeitreihenanalyse lassen sich zwar komplizierte Bedarfsverläufe mit trendförmigem Anstieg und saisonalen Schwankungen prognostizieren, das Verfahren ist aber auch entsprechend kompliziert in der Anwendung.

Im Gegensatz zu den unter den Punkten 3.2.1., 3.2.2. und 3.2.3. vorgestellten Verfahren, werden bei der Zeitreihenanalyse wesentlich mehr Anforderungen an das EDV-System gestellt. Das Erkennen der Verläufe, der Komponenten der Zeitreihe und deren Verknüpfung stellen die große Herausforderung bei diesem Verfahren dar.

Aufgrund des hohen Aufwandes ist das Verfahren der Zeitreihenanalyse im Bereich der Ersatzteilversorgung, wo im Falle der LWT monatlich tausende von Teilen analysiert und berechnet werden müssten, nicht praktikabel anwendbar. Vorstellbar wäre beispielsweise, dieses Verfahren auf bestimmte Teile, die einen entsprechenden Bedarfsverlauf aufweisen, speziell anzuwenden. Einfachere Verfahren sind für die Belange im Ersatzteilwesen im Normalfall ausreichend, eventuelle Unsicherheiten können in weiterer Folge z.B. mittels Sicherheitsbeständen kompensiert werden.

Ausgehend von relativ einfachen bis hin zu komplexeren Verfahren wurden anhand von Beispielen ausgewählte Methoden zur stochastischen Bedarfsplanung vorgestellt. Im Vergleich zum bisher angewendeten

¹⁴⁴ Tabelle des Verfassers; Inzing 2012

Prognoseverfahren der LWT, stellen diese Verfahren eine ebenso einfach anzuwendende, im Ergebnis aber besser geeignete Methode dar.

4. Der Sicherheitsbestand in der Ersatzteilversorgung

In der Zeitreihenanalyse war von einer irregulären Komponente, bei den Bedarfsverläufen von sporadischen, stark schwankenden Bedarfen die Rede. Gerade die Ersatzteilversorgung wird ständig mit diesen „Ausreißern“ konfrontiert. Es wurde schon festgestellt, dass solche Fälle nicht prognostizierbar sind, im Sinne einer optimalen Ersatzteilversorgung muss also in einer anderen Art und Weise darauf reagiert werden.

Verfügbarkeit und Lieferfähigkeit der benötigten Ersatzteile sind die aus der Sicht des Kunden, wichtigsten Kriterien eines gut funktionierenden Ersatzteilsystems. Aus Sicht des Betriebes gilt es, diese Kundenforderung unter Rücksichtnahme auf die Lagerbestände und die dadurch verursachten Kosten so gut wie möglich zu erfüllen.

In der Ersatzteillogistik müssen in machen Fällen Teile berücksichtigt werden, die nur geringe Verbräuche bei einem hohen Wert haben, im Bedarfsfall aber einen Maschinenstillstand verursachen. Verschärft wird die Situation zusätzlich, wenn dieses Teil nicht mehr in Serie läuft, also nicht kurzfristig aus der Produktion entnommen werden kann.

Für diesen und viele andere Fälle kann ein Sicherheitsbestand zur Sicherung der Verfügbarkeit herangezogen werden.

Der Sicherheitsbestand ist eine Schwankungsreserve zur Sicherung der Lieferfähigkeit gegen die regelmäßigen stochastischen Schwankungen des Periodenbedarfs und der Wiederbeschaffungszeit.¹⁴⁵

Der Sicherheitsbestand und seine Anwendung im Ersatzteilwesen werden im vorliegenden Kapitel genauer betrachtet.

¹⁴⁵ Vgl. Gudehus Timm: Logistik, Grundlagen, Strategien, Anwendungen; 4. Auflage; Heidelberg 2010; S. 351

4.1. Bestandsarten / Bestandsverläufe

Im alltäglichen Sprachgebrauch haben sich zur Beschreibung einer speziellen Art von Lagerbestand die verschiedensten Benennungen und Interpretationen eingebürgert. Bevor nun näher auf den Sicherheitsbestand eingegangen wird, werden daher die wichtigsten Lagerbestandsarten aufgeführt und definiert. Um zu vermeiden, dass zu geringe Mengen eines Artikels beschafft oder allzu große Mengen eines Artikels gelagert werden, muss die Bedarfsermittlung, die in Kapitel 3 dieser Arbeit behandelt wurde, um eine Bestandsermittlung ergänzt werden.¹⁴⁶ Die in diesem Zusammenhang wichtigsten Bestandsarten sind:

Höchstbestand: Menge, die maximal an Lagerbestand vorhanden sein darf, um hohe Lagerkosten und eine hohe Kapitalbindung zu verhindern.¹⁴⁷

Meldebestand: Mindestmenge eines Artikels an Lagerbestand, bei der eine Meldung an die Beschaffung ausgelöst wird bzw. ausgelöst werden muss.¹⁴⁸ Speziell im Rahmen einer stochastischen Bedarfsermittlung und verbrauchsgesteuerter Lagerbewirtschaftung wird der Meldebestand benötigt.¹⁴⁹

Durchschnittlicher Lagerbestand: Ist ein kalkulatorischer mittlerer Lagerbestand pro Periode, der meist für Planungs- und Vergleichszwecke benötigt wird.¹⁵⁰ Er kann beispielsweise berechnet werden, indem man zur halben Losgröße (die Losgröße entspricht dem Höchstbestand abzüglich dem Sicherheitsbestand) den Sicherheitsbestand addiert.¹⁵¹

¹⁴⁶ Vgl. Mathar Hans-Joachim, Scheuring Johannes: Unternehmenslogistik, Grundlagen für die betriebliche Praxis mit zahlreichen Beispielen, Repetitionsfragen und Antworten; 1. Auflage; Zürich 2009; S. 92

¹⁴⁷ Vgl. ebenda

¹⁴⁸ Vgl. ebenda; S. 93

¹⁴⁹ Vgl. ebenda

¹⁵⁰ Vgl. ebenda; S. 92

¹⁵¹ Vgl. ebenda

Sicherheitsbestand: Reservemenge, mit deren Hilfe unvorhergesehene Angebots- oder Nachfrageschwankungen abgedeckt werden sollen.¹⁵² Auch der Sicherheitsbestand wird gerade bei stochastischer Bedarfsermittlung und verbrauchsgesteuerter Lagerbewirtschaftung benötigt.¹⁵³

Der Zusammenhang der unterschiedlichen Bestandsarten hängt nicht zuletzt vom Verbrauch und der Wiederbeschaffungszeit des beobachteten Artikels ab. Wenn die Nachschubmenge bis zum Erreichen eines Mindestbestandes relativ gleichmäßig verbraucht und in regelmäßigen Abständen neue Teile geschlossen angeliefert werden, kann der Bestandsverlauf sägezahnartig dargestellt werden.¹⁵⁴

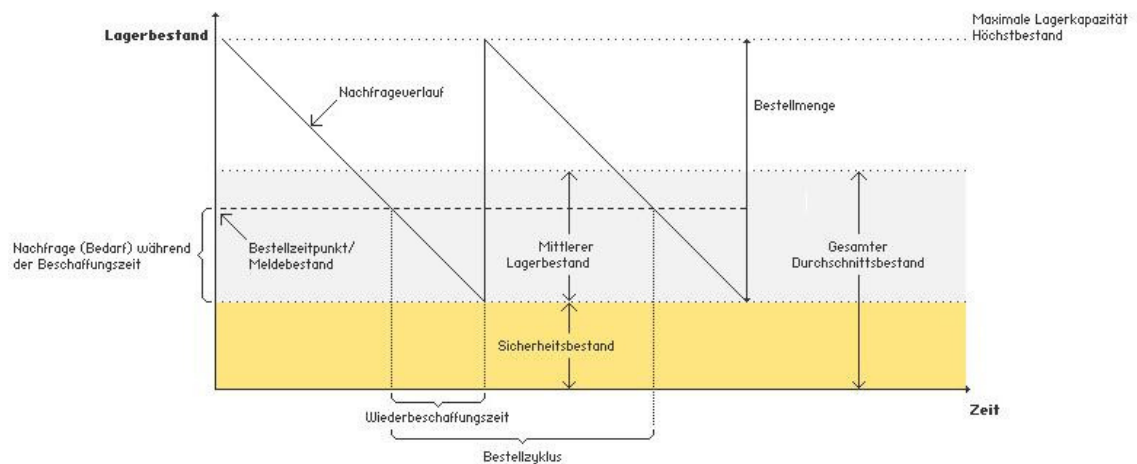


Abbildung 37: Bestandsverlauf, Bestandsarten¹⁵⁵

Jeweils an den Umkehrpunkten des Bedarfsverlaufs, also beim Wareneingang neuer Teile, kann es zu Mengen- bzw. Zeitabweichungen kommen, die durch fehlerhafte oder verspätete Lieferungen verursacht werden.

Der *Sicherheitsbestand* verhindert, dass infolge stochastischer Bedarfsschwankungen oder unsicherer Lieferzeiten der Lagerbestand vor

¹⁵² Vgl. Mathar Hans-Joachim, Scheuring Johannes: a.a.O.; S. 93

¹⁵³ Vgl. ebenda

¹⁵⁴ Vgl. Gudehus Timm: Logistik 1, Grundlagen, Verfahren und Strategien; 3. Auflage; Heidelberg 2007; S. 370

¹⁵⁵ Vgl. ebenda; S. 371

Eintreffen des Nachschubs auf null sinkt und dadurch *Lieferunfähigkeit* eintritt.¹⁵⁶

4.2. Sicherheitsbestand, welche Bedeutung hat er?

Generell betrachtet soll der Sicherheitsbestand Schwankungen der Wiederbeschaffungszeit eines Artikels überbrücken, um nicht lieferunfähig zu werden. Die immer länger werdenden Wiederbeschaffungszeiten gewisser Komponenten und Bauteile machen den Sicherheitsbestand daher zu einem wichtigen und wertvollen Instrument zur Sicherung der Verfügbarkeit und damit zur Sicherung der Kundenzufriedenheit.

Allerdings entsteht bei der Festlegung der Höhe des Sicherheitsbestandes ein Zielkonflikt zwischen Verfügbarkeit und Lagerkosten. Wählt man den Sicherheitsbestand zu niedrig (hoch), vermeidet man (resultieren) zusätzliche Lagerbestandskosten, riskiert (vermeidet) aber Fehlmengenkosten.¹⁵⁷ Die Zielsetzung besteht zunächst darin, einen vorgegeben Lieferbereitschaftsgrad (Servicelevel) durch Halten eines möglichst geringen Sicherheitsbestandes zu gewährleisten.¹⁵⁸

Zur Erhaltung eines gewissen Servicelevels kommt dem Sicherheitsbestand in der Ersatzteilkonzeption eine besondere Bedeutung zu.

Da der Service und die damit verbundene Verfügbarkeit von Ersatzteilen im Baumaschinensektor eine große Rolle spielt bzw. einen Wettbewerbsvorteil darstellt, muss der Lieferbereitschaftsgrad im Bereich der Ersatzteile im Sinne des Kunden so hoch wie möglich sein. Mit steigender Größe der Maschinen steigen auch die anfallenden Kosten bei einem Maschinenstillstand. Ein hoher Lieferbereitschaftsgrad hilft, diese Kosten zu senken.

¹⁵⁶ Gudehus Timm: a.a.O.; S. 371

¹⁵⁷ Kiener Stefan, Maier-Scheubeck Nicolas, Obermaier Robert, Weiß Manfred: Produktionsmanagement, Grundlagen der Produktionsplanung und -steuerung; 9. Auflage; München 2009; S. 99

¹⁵⁸ ebenda

Ausgehend von Serienanläufen neuer Maschinengenerationen, bis hin zur Bevorratung von alten, eventuell überhaupt nicht mehr wirtschaftlich herstellbaren Teilen, stellt der Sicherheitsbestand ein hilfreiches Werkzeug dar.

Ab dem Zeitpunkt der Einführung eines neuen Maschinentyps müssen auch die wichtigsten Ersatzteile verfügbar sein. Sobald die erste Maschine ausgeliefert ist, kann es zu Ersatzteilbedarfen kommen. Gerade bei Neuanläufen muss das neue Produkt intensiv beworben und vermarktet werden, ein Stillstand aufgrund von fehlenden Ersatzteilen wirkt sich in dieser Phase extrem negativ auf das Vertrauen der Kunden zu den neuen Produkten aus. Da bei neu anlaufenden Produkten und deren Einzelteilen nicht auf Verbräuche aus der Vergangenheit zurückgegriffen werden kann, muss die erste Bevorratung von Ersatzteilen über den Sicherheitsbestand erfolgen. Einem Neuanlauf kommen auch technische Änderungen und die damit neu entstehenden Teile gleich.

Werden gewisse Teile nach einiger Zeit regelmäßig umgeschlagen, existieren auch Vergangenheitswerte für eine Prognoseberechnung. Wie eingangs dieses Kapitels angeführt, gibt es aber immer auch eine irreguläre, nicht prognostizierbare Schwankung der Bedarfe. In einer Lagerfertigung, wie es im Ersatzteilwesen der Fall ist, müssen die Bedarfsschwankungen über den Sicherheitsbestand abgepuffert werden, um einen gleichmäßig hohen Servicegrad sicherstellen zu können.¹⁵⁹

Doch nicht nur die Bedarfe der Kunden unterliegen Schwankungen, es kann genauso gut zu Schwankungen bei der Anlieferung von Nachschub kommen. Ursachen dafür können beispielsweise mangelnde Termintreue des Lieferanten, Probleme beim Transport oder Qualitätsmängel und damit verbundene Nacharbeiten sein.

Gerade bei hochwertigen und auch langlebigen Komponenten und Baugruppen kommt es nicht selten vor, dass diese nur sporadische Verbräuche aufweisen. Solche Artikel sind in vielen Fällen aber essentiell für die Funktion der

¹⁵⁹ Vgl. Lödging Herman: Verfahren der Fertigungssteuerung; 2. Auflage; Heidelberg 2008; S. 105

Baumaschine, weshalb auch deren Verfügbarkeit gesichert werden muss. In solchen Fällen kann in der Ersatzteilbewirtschaftung mit einem geringen Sicherheitsbestand, teilweise auch nur ein Stück, ein Kompromiss zwischen Lagerkosten und Sicherung der Lieferbereitschaft erreicht werden. Ohne Sicherheitsbestand würden die Teile, nachdem der Bestand durch einen Bedarf aufgebraucht wurde, nicht mehr nachbestellt werden und es entstünden Versorgungslücken.

Nicht zuletzt gibt es auch im Baumaschinenbereich Teile, die einer Alterung bzw. einem Schwund unterworfen sind. Beispielsweise müssen Hydraulikschläuche und Dichtungen, die Gummi oder Kautschuk enthalten, in regelmäßigen Abständen verschrottet werden. Nach einer gewissen Zeit tritt eine Alterung des Materials ein und die Qualität der Teile kann nicht mehr sichergestellt werden. Ein entsprechend gewählter Sicherheitsbestand gewährleistet, dass nach einer solchen periodischen Verschrottungsaktion immer wieder genügend neue Teile nachdisponiert werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Sicherheitsbestand ein wichtiges und wirkungsvolles Instrument ist, das aber wegen der Lagerkosten wohl überlegt eingesetzt werden muss.

Weiters ist der Zusammenhang mit der Wiederbeschaffungszeit hervorzuheben, der sich auch in den Berechnungsmethoden für die Höhe des Sicherheitsbestandes wiederfindet.

4.3. Berechnung des Sicherheitsbestandes

Der Sicherheitsbestand ist jederzeit frei verfügbar und zentraler Handlungsparameter der Bestandsdisposition, bei einem zu späten Eintreffen des Nachschubs kann er, kurz vor Ablauf der Wiederbeschaffungszeit, aufgebraucht werden.¹⁶⁰

Die Wiederbeschaffungszeit muss also eine grundlegende Variable bei der Berechnung der Höhe des Sicherheitsbestandes sein. Da der

¹⁶⁰ Vgl. Gudehus Timm: a.a.O.; S. 351

Sicherheitsbestand auch bei Liefermengenabweichungen verwendet wird, müssen die Verbrauchswerte des betroffenen Artikels in der Berechnung Einfluss haben. Gerade in der Ersatzteilbewirtschaftung soll der Sicherheitsbestand auch den gewünschten Servicegrad bzw. die gewünschte Lieferbereitschaft sicherstellen. Diese Komponente muss also in die Berechnung aufgenommen werden.

Im Folgenden werden zwei Verfahren zur Berechnung des Sicherheitsbestandes vorgestellt. Bei der Auswahl wurde, speziell für den Anwendungsbereich in der Ersatzteilbevorratung einerseits auf eine einfache und automatisierbare Berechnung Wert gelegt, andererseits auch auf ein möglichst genaues Ergebnis unter Berücksichtigung des gewünschten Lieferbereitschaftsgrades geachtet.

4.3.1. Überschlagsverfahren

Ein einfaches und sehr leicht automatisch durchzuführendes Verfahren ist das Überschlagsverfahren. Dieses Verfahren berücksichtigt in der Festlegung der Höhe des Sicherheitsbestandes nur den Verbrauch und die Wiederbeschaffungszeit des jeweiligen Artikels.

Zur Berechnung des Sicherheitsbestandes wird folgende Formel herangezogen:

$$\boxed{\text{Sicherheitsbestand} = \varnothing \text{ Verbrauch pro Periode} \times \text{Wiederbeschaffungszeit}}^{161}$$

Bezogen auf die Anwendung bei der LWT, ist der Ersatzteilverbrauch pro Monat im ERP-System bekannt, als „ \varnothing Verbrauch pro Periode“ kann also der Monatsverbrauch verwendet werden. Geht man beim Verbrauch von einer monatlichen Basis aus, so muss auch die Wiederbeschaffungszeit in Monaten in die Berechnung einfließen. Ausgehend von einer Woche mit 5 Arbeitstagen,

¹⁶¹ Mathar Hans-Joachim, Scheuring Johannes: Logistik für technische Kaufleute und HWD, Grundlagen mit Beispielen, Repetitionsfragen und Antworten sowie Übungen; 2. Auflage; Zürich 2009; S. 232

würde eine Wiederbeschaffungszeit von 60 Tagen, was absolut üblich ist, mit dem Faktor 3 in die Berechnung eingehen.

Um nicht nach jedem Monat, bei veränderten Verbräuchen bzw. Ausreißern, grob unterschiedliche Sicherheitsbestände hinterlegt zu haben, wird hier auch ein durchschnittlicher Verbrauch angeführt. Dies kann zum Beispiel der Durchschnitt der letzten Monate sein. Eine solche Glättung birgt aber auch die Gefahr, auf Veränderungen der Verbräuche mit dem Sicherheitsbestand zu träge zu reagieren, dies wiederum erhöht die Lagerbestände und die anfallenden Kosten.

Geeignet ist diese Methode daher vor allem für Teile mit hohen und relativ gleichbleibenden Verbräuchen. Für solche Teile kann mittels des Überschlagsverfahrens automatisch vom ERP-System der Sicherheitsbestand berechnet und der jeweilige Disponent daher entlastet werden.

4.3.2. Berechnung mittels statistischer Angaben

Um den Sicherheitsbestand von hochwertigen Teilen mit niedrigeren Verbräuchen zu berechnen, ist das Überschlagsverfahren zwar auch anwendbar, es lohnt sich aber, bei diesen Teilen ein etwas aufwändigeres Verfahren anzuwenden. Das nun vorgestellte Verfahren zur Berechnung mittels statistischer Angaben nutzt einige aus der statistischen Wahrscheinlichkeitstheorie bekannte Gesetzmäßigkeiten.¹⁶²

Bei den zur Berechnung des Sicherheitsbestandes berücksichtigten Daten handelt es sich um die Verbrauchswerte vergangener Perioden. Wie bereits erwähnt, können dafür aus dem LWT-ERP-System die monatlichen Ersatzteilverbräuche herangezogen werden.

¹⁶² Vgl. Melzer-Ridinger Ruth: a.a.O.; S. 292

Die zufälligen Schwankungen dieser Verbräuche, also die irreguläre Komponente im Bedarfsverlauf, können in ihrer Gesamtheit durch die **Standardabweichung** der Datenreihe erfasst werden.¹⁶³

Je weiter ein Einzelwert vom arithmetischen Mittelwert aller Einzelwerte entfernt ist, umso mehr streut folglich dieser Einzelwert.¹⁶⁴

Eine Voraussetzung zur Anwendung dieses Verfahrens ist daher auch die Normalverteilung der Verbrauchsschwankungen. Folgende Abbildung zeigt die Standardabweichung bei normalverteilten Verbräuchen.

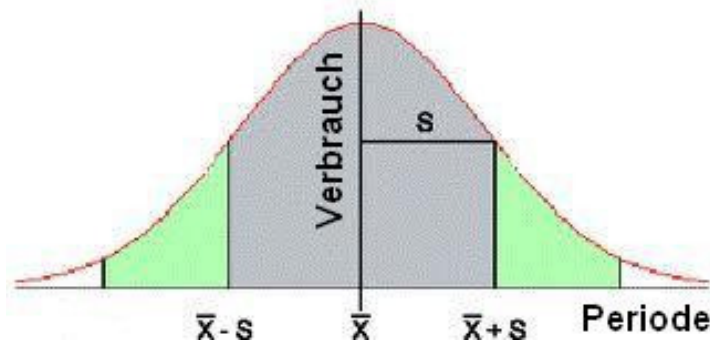


Abbildung 38: Gaußsche Normalverteilung¹⁶⁵

Die Berechnung des arithmetischen Mittelwerts \bar{x} wurde bereits in Punkt 3.2.1. behandelt.

Sie Standardabweichung s kann nach folgender Formel berechnet werden:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Abbildung 39: Formel Standardabweichung¹⁶⁶

Als Beispiel zur Berechnung des Sicherheitsbestandes werden wieder die Verbrauchswerte aus dem Beispiel unter Punkt 3.1. verwendet.

¹⁶³ Vgl. Hillebrand Uwe: Stöchiometrie, Eine Einführung in die Grundlagen mit Beispielen und Übungsaufgaben; 2. Auflage; Heidelberg 2009; S. 26

¹⁶⁴ Vgl. Hillebrand Uwe: a.a.O.; S. 26

¹⁶⁵ Vgl. Papula Lothar: Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler Band 3, Vektoranalysis, Wahrscheinlichkeitsrechnung, mathematische Statistik, Fehler- und Ausgleichsrechnung; 4. Auflage; Wiesbaden 2001; S. 367

¹⁶⁶ Hillebrand Uwe: a.a.O.; S. 26

Periode i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Verbrauch x_i	14	27	21	33	9	10	31	6	28	31	16	21
arithmetischer Mittelwert: $\bar{x} = 20,58$												
$x_i - \bar{x}$	-6,58	6,42	0,42	12,42	-11,6	-10,6	10,42	-14,6	7,42	10,42	-4,58	0,42
$(x_i - \bar{x})^2$	43,30	41,22	0,18	154,26	134,10	111,94	108,58	212,58	55,06	108,58	20,98	0,18
Summe $(x_i - \bar{x})^2$:	990,92											

Tabelle 19: Daten und Rechengrößen für Rechenbeispiel Sicherheitsbestand¹⁶⁷

Mit den angegebenen Werten und der angeführten Formel wird nun die Standardabweichung mit $s = 9,49$ berechnet.

Der Sicherheitsbestand ist nun das Produkt der Standardabweichung der Verbräuche mit dem Sicherheitsfaktor, der vom gewünschten Servicegrad abhängig ist.¹⁶⁸

Dieser Sicherheitsfaktor kann aus Diagrammen in Normen unter Berücksichtigung des Servicegrades und der Anzahl der Perioden entnommen werden. Für den angenommenen Fall sollen die Werte aus der nachfolgenden Tabelle genügen.

Servicegrad	Sicherheitsfaktor
50 %	0,00
80 %	0,84
85 %	1,04
90 %	1,28
95 %	1,64
98 %	2,05
99 %	2,33
99,9%	3,09

Tabelle 20: Sicherheitsfaktor in Abhängigkeit vom Servicegrad¹⁶⁹

Bei einem gewünschten Servicegrad von 95%, also 95 von 100 Lieferungen können ausgeliefert werden, ergibt der Sicherheitsbestand für das beobachtete Teil $9,49 \cdot 1,64 = 15,56 \sim$ **16 Stück**.

¹⁶⁷ Tabelle des Verfassers; Inzing 2012

¹⁶⁸ Vgl. Gudehus Timm: a.a.O.; S. 353 f.

¹⁶⁹ Gudehus Timm: a.a.O.; S. 353

5. Ökonomische Nutzen für die Ersatzteilbevorratung

In den vorangegangenen Kapiteln wurden die Wichtigkeit und die Möglichkeiten der Berechnung von Bedarfsprognosen und Sicherheitsbeständen beschrieben. Abschließend wird noch der zu erzielende ökonomische Nutzen durch den Einsatz dieser Werkzeuge beleuchtet. All diese Verfahren sind mit Aufwand und damit auch mit Kosten verbunden. Ihre Anwendung muss daher für das Unternehmen Vorteile bringen. Welche das sind, soll in den folgenden Kapiteln dargestellt werden.

5.1. Optimierung Bestellabwicklung

Jede Bestellung und die damit verbundenen, nachgelagerten Prozesse verursachen Kosten, unabhängig von der bestellten Menge. Zu diesen fixen Bestellkosten gehören die Abwicklungskosten einer Bestellung und die Materialhandhabungskosten im Lager, die je Bestellung unabhängig von der Bestellmenge anfallen.¹⁷⁰ In weiterer Folge ist jede Bestellung mit einer Rechnung des Lieferanten verbunden, die ihrerseits wieder geprüft und verarbeitet werden muss.

Es ist also durchaus von Interesse, das Bestellverhalten zu untersuchen und zu optimieren. Um die Auswirkung der fixen Bestellkosten auf die einzelnen Teile so gering wie möglich zu halten, wären also Bestellungen über sehr große Mengen sinnvoll. Das wiederum führt aber zu einem erhöhten Lagerbestand, der seinerseits Kosten verursacht. Es gibt in diesem Fall einen Zielkonflikt zwischen optimaler Bestellmenge und Lagerbestandskosten.

Für die Ersatzteilbewirtschaftung bedeutet dieser Zielkonflikt, dass nur geringwertige Teile, also klassische C-Teile, mit wenigen Bestellungen pro Periode in großen Mengen beschafft werden. Für hochwertige und oft auch großvolumige Teile ist eine solche Vorgehensweise nicht wirtschaftlich

¹⁷⁰ Vgl. Thonemann Ulrich: Operations Management, Konzepte, Methoden und Anwendungen; 2. Auflage; München 2010; S. 195

anwendbar, wobei auch solche Teile im Bedarfsfall verfügbar sein müssen. Diese Grundverfügbarkeit kann durch einen angemessenen Sicherheitsbestand sichergestellt werden. Die Prognoseberechnung mit ihren vorausgesagten Bedarfen sorgt für eine stetige Nachbestellung der Teile, die dann im besten Fall genau zum Bedarfszeitpunkt eintreffen und so nur geringe Lagerhaltungskosten verursachen.

Eine Optimierung der Bestellkosten kann bei solchen Teilen beispielsweise durch gewisse Bestellintervalle erreicht werden. In so einem Fall wird nicht nur der Bedarf unmittelbar nach der Wiederbeschaffungszeit bestellt, es werden zusätzlich auch die späteren Bedarfe innerhalb des Bestellintervalls mitbestellt. Die fixen Bestellkosten können so von einer größeren Anzahl von Teilen getragen werden.

Die Beschaffungskosten sind jene Kosten, die zusätzlich zu den Einkaufskosten der beschafften Güter anfallen (z.B. Bestellkosten, Frachtkosten, Porti, Löhne, Gehälter, etc.).¹⁷¹ Im Zusammenhang mit den Kosten einer Bestellung und deren Optimierung sind also auch die Transport- und Zollkosten zu sehen. Bedarfsprognosen ermöglichen eine gewisse Abschätzung von zukünftigen Bedarfen, die benötigten Ersatzteile können also rechtzeitig bestellt werden. Teure und aufwändige Eil- und Sondertransporte können so vermieden und die Transportkosten damit reduziert werden.

Auch Zollkosten haben oft einen Fixkostenanteil, weshalb auch hier eine Optimierung der Bestellmenge zu einer Optimierung der verursachten Zollkosten führen wird.

Einige Lieferanten gewähren bei längerfristigen Bestellungen auf Grund der besseren Plan- und Verarbeitbarkeit Rabatte auf den Einkaufspreis. Wohingegen der Aufwand für kurzfristige Eilbestellungen auch mit einem Aufschlag an den Kunden weitergegeben wird. Die Bedarfsprognose bietet die Möglichkeit, zukünftige Bedarfe zu planen und abzubilden, woraus frühzeitige Bestellungen beim Lieferanten resultieren.

¹⁷¹ Vgl. Preißler Peter R: Betriebswirtschaftliche Kennzahlen, Formeln, Aussagekraft, Sollwerte, Ermittlungsintervalle; 1. Auflage; München 2008; S. 170

Nicht zuletzt können Bestellungen auf Grund der Bedarfsprognosen längerfristig geplant werden. Mengenrabatte, optimale Losgrößen und damit verbundene optimale Transportmöglichkeiten können so einfacher berücksichtigt werden.

Die Planung von Ersatzteilbedarfen und ein entsprechender Sicherheitsbestand können in der Ersatzteilibewirtschaftung zur Optimierung der Bestellabwicklung führen, eine äquivalente Kostenreduktion geht damit einher. Die Steigerung der Rentabilität der gesamten Ersatzteilorganisation ist die Folge.

5.2. Bestandsoptimierung

In Punkt 5.1. wurde der Zielkonflikt zwischen Bestellkosten und Lagerkosten angeführt. Gerade in der Ersatzteilibewirtschaftung, die von den Lagerbeständen lebt, ist daher laufend auf die Optimierung der Lagerbestände und den von ihnen verursachten Kosten zu achten.

Die Lagerbestandskosten setzen sich im Wesentlichen aus den Lagereinzelkosten, dabei handelt es sich um die Kapitalbindungskosten (Zinskosten) für das im gelagerten Produkt gebundene Kapital, und den Lagergemeinkosten, wie beispielsweise die Kosten für den Lagerraum, die Kosten für Lagerüberwachung, Bestandssicherung und Inventur, zusammen.¹⁷²

Natürlich wäre es einfach die Lagerbestände so hoch anzusetzen, dass alle Teile jederzeit verfügbar sind, die Ersatzteilverfügbarkeit also optimal wäre. Die dadurch entstehenden Lagerkosten gehen aber gleichzeitig an ein Maximum, was wiederum die Rentabilität des Ersatzteilgeschäfts beeinträchtigen würde. Es gilt also auch in der Ersatzteilibewirtschaftung bezogen auf die Lagerbestände der Grundsatz: „So viel wie nötig, so wenig wie möglich!“

Wie aber können nun Bedarfsprognosen und Sicherheitsbestände helfen, die Lagerbestände im Zusammenhang mit der Ersatzteilversorgung zu optimieren?

¹⁷² Vgl. Klaus Peter, Krieger Winfried: Gabler Lexikon Logistik; 4. Auflage; Wiesbaden 2008; S. 295

Die Bedarfsprognose versetzt den Mitarbeiter in die Lage, Bedarfe in Menge und Zeitpunkt mit einer gewissen Genauigkeit vorherzusagen. Daraus lässt sich ableiten, dass auch die entsprechenden Materialbestellungen mit einer gewissen Genauigkeit planbar sind. Um die Lagerbestände möglichst gering zu halten, wird man versuchen, die Teile immer zu dem prognostizierten Termin zu bestellen. Aus ökonomischer Sicht macht es dabei durchaus Sinn, mehrere Bedarfe zusammenzufassen, wenn man sich dabei an die optimale Bestellmenge annähert.

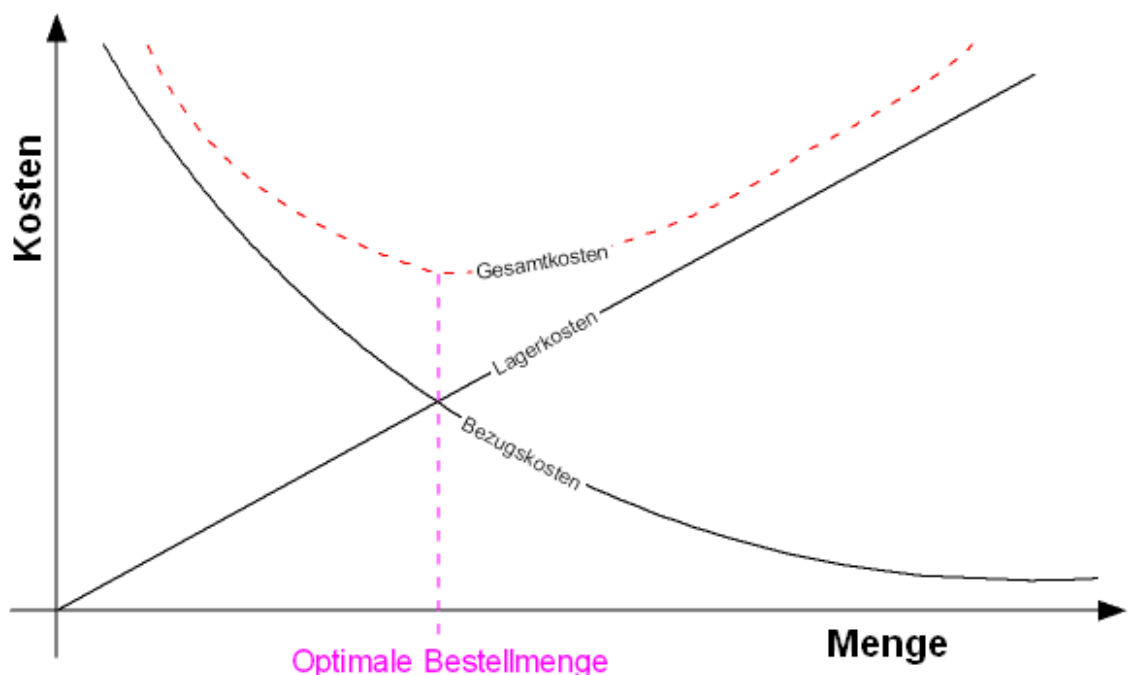


Abbildung 40: Zusammenhang Beschaffungskosten und Lagerkosten¹⁷³

Durch ein genaues Prognoseverfahren könnten Teile zum jeweiligen Bedarfstermin bestellt werden und müssten daher nicht eingelagert werden. Ein gewisses Maß an Lagerkosten wird in Kauf genommen, wenn dementsprechend die Bezugskosten reduziert werden können. Es wird also nicht nur der prognostizierte Bedarf, sondern nach Möglichkeit die optimale Bestellmenge geordert.

Wie in der vorliegenden Arbeit bereits mehrfach angesprochen sind exakte Prognosen im Bereich der Ersatzteilkostenbewirtschaftung aber eine reine Wunschvorstellung. Ein moderater Lagerbestand ist im Ersatzteilwesen

¹⁷³ Vgl. Mathar Hans-Joachim, Scheuring Johannes: a.a.O.; S. 109

unumgänglich um die Verfügbarkeit wichtiger Teile auch bei Bedarfsausreißern oder sonstigen unvorhersehbaren Bestandsänderungen sicherstellen zu können. Nur nach der Bedarfsprognose zu bestellen geht also auf Kosten der Verfügbarkeit, es muss auch ein entsprechender Sicherheitsbestand berechnet und bevorratet werden. In Kapitel 4 wurde die Berechnung des Sicherheitsbestandes erläutert. Es ist daher nachvollziehbar, dass mit der Berechnung des benötigten Sicherheitsbestandes ein eventueller Überbestand festgestellt und abgebaut werden kann.

„Die Hauptaufgaben der Bestandsoptimierung liegen in der Ermittlung

- des zukünftigen Bedarfs,
- der wirtschaftlichen Bestellmenge,
- des richtigen Bestellzeitpunktes
- eines angemessenen Sicherheitsbestandes.“¹⁷⁴

Zwei der oben genannten Hauptaufgaben können mit Hilfe der, durch diese Arbeit näher untersuchten Werkzeuge, bewältigt werden.

Da auch die Ersatzteilbewirtschaftung als rentabler Bereich des Unternehmens auftreten muss, darf die Optimierung des Lagerbestandes auf keinen Fall unbeachtet bleiben.

5.3. Erhöhung Verfügbarkeit

Die naheliegendste Größe, mit der ein Ersatzteilvertrieb gemessen und auch bewertet wird, ist die Verfügbarkeit.

Der Kunde braucht sein Teil im Schadensfall, unabhängig ob das Herstellerwerk einen entsprechenden Bedarf prognostiziert hat oder den Lagerbestand aus Kostengründen reduziert hat. Wie bereits Eingangs der vorliegenden Arbeit erwähnt, ist gerade im Baumaschinenbereich der Service ein wichtiges Kaufargument. Entsprechende Möglichkeiten für eine Bevorratung

¹⁷⁴ Piontek Jochen: Controlling; 3. Auflage; München 2005; S. 282

wichtiger Ersatzteile für den Bedarfsfall müssen also vom Unternehmen gewährleistet werden.

Der Erfolg durch eine gute Ersatzteilversorgung bzw. der Imageverlust durch die Unzufriedenheit der Kunden bei langen Lieferzeiten auf dringend benötigte Ersatzteile ist, im Gegensatz zu den Beschaffungs- und Lagerkosten, nicht so einfach in einem Geldbetrag festzumachen. Trotzdem ist es von großer Bedeutung, dem Kunden den Service einer hohen Ersatzteilverfügbarkeit bieten zu können.

Bedarfsprognosen helfen dabei, lange Lieferzeiten zu überbrücken und gängige Teile zum richtigen Zeitpunkt am Lager zu haben. Ebenso hilft ein sorgsam gewählter Sicherheitsbestand benötigte Teile kurzfristig ab Lager lieferbar zu haben.

Diese beiden Werkzeuge leisten also einen wichtigen Beitrag um die Verfügbarkeit sicherzustellen bzw. auf einem bereits hohen Niveau halten zu können.

Je genauer das zur Anwendung kommende Prognoseverfahren ist, desto höher wird auch die Verfügbarkeit bei einem wirtschaftlich verträglichen Lagerbestand. Da mit der Genauigkeit des Prognoseverfahrens auch dessen Komplexität steigt, werden nicht alle Teile auf Grund von prognostizierten Bedarfen bestellt. Bei geringwertigen Gütern, die klassischen C-Güter, wird die Verfügbarkeit eher durch den Sicherheitsbestand gewährleistet, da diese Güter auf Grund ihres geringen Wertes auch keine großen Lagerkosten verursachen. Ganz im Gegenteil, die seltene Beschaffung großer Mengen ist sogar oft billiger als die regelmäßige Beschaffung von kleinen Mengen.

Die Fa. Liebherr und als Teil davon auch die LWT vertreibt ihre Produkte weltweit, daraus resultieren in vielen Fällen auch relativ lange Transportwege und -zeiten der Ersatzteile. Diese können zwar durch die Verfügbarkeit von den benötigten Teilen im Zentrallager nicht vermieden werden, sie können aber relativ genau abgeschätzt und dem Kunden bekanntgegeben werden. Der

nächste Schritt wäre dann ausgewählte Teile an verschiedenen Standorten auf der ganzen Erde verfügbar zu haben.

Typisch für die internationale Distributionslogistik ist, dass auch dem Standort des Ersatzteillagers bzw. besonders der Ersatzteilverfügbarkeit hohe Bedeutung beigemessen wird.¹⁷⁵

5.4. Ergebnis und Konsequenzen

Dass der Service und darin enthalten die Verfügbarkeit von Ersatzteilen in der Baumaschinenbranche ein wichtiges Kaufargument sind, wurde im Laufe dieser Arbeit schon mehrmals thematisiert. Ziel dieser Arbeit ist es, Möglichkeiten bzw. Werkzeuge aufzuzeigen, mit deren Hilfe die Ersatzteilverfügbarkeit optimiert werden kann.

Nicht nur bei der LWT, sondern in der gesamten Sparte Erdbewegung und Mining, werden bereits Prognoseberechnungen durchgeführt um zukünftige Ersatzteilbedarfe besser abschätzen zu können. In vielen Fällen funktioniert die eingesetzte Methodik auch sehr gut, allerdings ist sie sehr träge und kann auf gewisse Ereignisse nicht ausreichend reagieren.

In dieser Arbeit werden verschiedene Möglichkeiten der Bedarfsprognose aufgezeigt und deren Anwendbarkeit beschrieben. Festzuhalten ist, dass es für manche Anwendungsfälle besser geeignete Rechenverfahren, im Vergleich zu dem aktuell eingesetzten Verfahren, gibt.

Selbstverständlich kann nicht jedes Teil mit einem auf dessen Bedürfnisse angepassten Prognoserechenverfahren separat prognostiziert werden. Im Moment hat der Disponent nur die Entscheidung, ob eine Prognose gerechnet werden soll oder nicht.

Da jedes Prognoseverfahren mit Aufwand verbunden ist und eine individuelle Qualität der berücksichtigten Daten benötigt, ist als erste Konsequenz aus dieser Arbeit die Einteilung der Teile zu sehen. Bevor das Prognosesystem

¹⁷⁵ Vgl. Pfohl Hans-Christian: Logistiksysteme, Betriebswirtschaftliche Grundlagen; 8. Auflage; Heidelberg 2010; S. 345

angepasst werden kann, muss als erster Schritt festgelegt werden, für welche Teile überhaupt eine Prognoseberechnung sinnvoll ist bzw. wie viel Aufwand für diese Berechnung in Kauf genommen wird. In Kapitel 2 dieser Arbeit wurde in diesem Zusammenhang das Werkzeug der ABCXYZ-Analyse vorgestellt. Mit deren Hilfe lassen sich die Teile kategorisieren und entsprechende Prognose- bzw. Dispositionsparameter pflegen.

Je wertintensiver das Teil, desto mehr Aufwand kann auch in dessen Bedarfsprognose gesteckt werden. Komplexe Prognoseverfahren benötigen aber relativ viele und genaue Daten, beispielsweise über die Verbrauchsverläufe. Als eine weitere wichtige Konsequenz, die sich aus der vorliegenden Arbeit ergibt, kann die Datenbeschaffung und -pflege gesehen werden. Teilespezifische Daten wie Wiederbeschaffungszeit, Bestellmengen usw., genauso wie allgemeine Daten wie Sicherheitszeit, Bestellintervall, ... müssen vom Disponenten immer aktuell gehalten werden. Hauptaufgabe des Disponenten und des Einkaufs soll die Datenbeschaffung und das Aktuellhalten der Daten sein, nicht wie so oft das Ausbessern von Engpässen wegen mangelnder Prognose oder zu geringem Sicherheitsbestand.

Neben den veränderbaren Daten muss auch das ERP-System auf eventuelle Verbesserungsmöglichkeiten untersucht werden.

Bei der Bearbeitung dieser Arbeit ist aufgefallen, dass das ERP-System der LWT die Periodenverbräuche immer in jene Periode schreibt, in der das Teil tatsächlich das Lager verlassen hat. Problematisch wird das bei Teilen, die nur chargenweise gefertigt werden und lange Lieferzeiten haben. So kann es vorkommen, dass ein Teil zwar generell hohe Bedarfe hat, teilweise aber in einigen Monaten 0 Stück Verbrauch gezählt werden. In solchen Monaten war der Lagerbestand erschöpft, die Anlieferung neuer Teile erfolgte erst im darauffolgenden Monat. Für die Prognoseberechnung besser geeignet wären nicht die tatsächlichen Lagerabgänge, sondern die gewünschten Liefertermine der Kunden. So könnten solche Verbrauchslücken, die sich auf das Ergebnis der Prognoseberechnung auswirken, vermieden werden.

Gerade in wirtschaftlich schwächeren Zeiten wird die Liquidität der Unternehmen besonders in Augenschein genommen. Negativ auf die Liquidität

wirken sich die Lagerbestände, in diesem Fall die Bestände an Ersatzteilen, aus. Sicherheitsbestände sind in der Ersatzteilibewirtschaftung lebensnotwendig um Bedarfsschwankungen ausgleichen zu können, ohne die Verfügbarkeit zu verschlechtern, sie können aber auch zu hohen Lagerbeständen und damit Kosten führen.

Diese Arbeit zeigt auf, dass durch die Berechnung der Sicherheitsbestände ein Mittelweg aus Verfügbarkeit und Lagerbestand beschritten werden kann. Das Ergebnis der Berechnung darf aber nicht statisch gesehen werden, vielmehr ist es notwendig, die Berechnungen in regelmäßigen Abständen durchzuführen um auf geänderte Gegebenheiten reagieren zu können. Eine solche Berechnung könnte beispielsweise automatisch durch das ERP-System durchgeführt werden, der Mitarbeiter hat dann nur noch eine überwachende Funktion.

Aktuell werden bei LWT für die automatische Berechnung des Sicherheitsbestandes nur die Bedarfe der nächsten Perioden herangezogen. Die vorliegende Arbeit zeigt, dass auch die Wiederbeschaffungszeit bei der Bestimmung der Höhe des Sicherheitsbestandes eine nicht unerhebliche Rolle spielt und daher berücksichtigt werden muss.

Aus der Untersuchung verschiedenster Teile auf deren Verbrauchsverläufe geht hervor, dass es sehr oft Teile gibt, die vielen Änderungen unterworfen sind. Es wird also nie möglich sein, eine qualitativ hochwertige und verwertbare Prognose zu berechnen. Die Konsequenz daraus muss sein, dass jene Abteilungen und Mitarbeiter, die für technische Änderungen und deren Umsetzung verantwortlich sind, auf die Hintergründe und Bedürfnisse der Ersatzteilibewirtschaftung hingewiesen werden und diese entsprechend berücksichtigen. Die Auswirkung häufiger Änderungen auf letztendlich die Verfügbarkeit der Ersatzteile muss durchgängig bekannt gemacht werden.

Die LWT ist, bezogen auf die Ersatzteilversorgung, auf einem guten Weg und hat bereits einige Voraussetzungen geschaffen, um ein hohes Niveau halten zu können. Dennoch gibt es in einigen Bereichen Optimierungspotential. Teile dieses Potentials wurden im Zuge der vorliegenden Arbeit lokalisiert, untersucht und es wurden geeignete Werkzeuge zur Ausschöpfung dieses Potentials dargelegt.

Da die LWT nur zusammen mit anderen Gesellschaften der Sparte, wie sie in Kapitel 1 vorgestellt wurden, agieren kann, ist es nur schwer möglich umfangreiche Änderungen durchzuführen. Die in der vorliegenden Arbeit aufgezeigten Möglichkeiten werden aber sicherlich zur Kenntnis genommen und bei zukünftigen Projekten berücksichtigt werden.

Warum für die Diplomarbeit gerade dieses Thema gewählt wurde, geht auf eine Neuerung in der Ersatzteilbewirtschaftung der LWT zurück. Das soll im abschließenden Kapitel näher erläutert werden.

5.5. Ausblick auf die zukünftige Ersatzteilversorgung im Unternehmen

Wie im Punkt 3.1. bereits angeführt, tritt die LWT zum jetzigen Zeitpunkt gegenüber den Zentrallagern bei der LHB und LFR nur als Lieferant deren Serienteile auf. Sobald ein Teil aus der Serie ausgelaufen ist oder es sich um Einzelteile aus Serienkomponenten handelt, werden diese vom jeweiligen Zentrallager direkt beim Lieferanten bezogen. Das Ersatzteilgeschäft mit diesen Teilen bleibt also ab diesem Zeitpunkt komplett bei der LHB oder LFR. Da die beiden Zentrallager die Teile bei dem jeweiligen Herstellerwerk, im vorliegenden Fall LWT, einkaufen, tragen sie auch das Bestands- und schlussendlich das Verschrottungsrisiko. Nicht zuletzt werden auf Grund der beiden Zentrallager auch viele Prozesse doppelt ausgeführt und viele Teile doppelt gelagert.

Um diesen Umstand zu verbessern, wird der Ersatzteilvertrieb in der Sparte Erdbewegung und Mining ab dem dritten Quartal 2012 neu organisiert und komplett neu strukturiert.

Es wird zukünftig nur noch ein zentrales Ersatzteillager geben, in Form der Liebherr-Logistics-GmbH (LLG). Diese Gesellschaft tritt gegenüber den Produktionswerken als reiner Lager- und Logistikdienstleister auf.

Die Kompetenz über die einzelnen Produkte liegt in den Herstellerwerken, daher soll auch die Ersatzteilbevorratung von den dortigen Fachleuten

durchgeführt werden. Die Herstellerwerke sind daher zukünftig selbst für die Beschaffung, die Bevorratung und den Verkauf ihrer Teile verantwortlich und tragen in weiterer Folge auch das Bestandsrisiko.

Die LWT war bis dato noch nie in der Situation eine eigene Ersatzteildisposition aufbauen zu müssen, weshalb diverse damit zusammenhängende Aspekte untersucht wurden.

Mit der vorliegenden Arbeit konnten die Bereiche Bedarfsplanung, Bevorratung und Sicherstellung der Verfügbarkeit im Detail untersucht und Mängel bzw. Voraussetzungen dafür aufgezeigt werden. Im Zuge der Bearbeitung der einzelnen Punkte dieser Arbeit wurde es möglich, Voraussetzungen zu schaffen, die die bestmögliche Erfüllung der neuen Aufgaben ermöglichen.

„Die zentralen Gestaltungsvariablen der Ersatzteillogistik sind die Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit zum Kundenwunschtermin und gleichzeitig niedrigen Prozesskosten der Teileversorgung.“¹⁷⁶

¹⁷⁶ Klug Florian: Logistikmanagement in der Automobilindustrie, Grundlagen der Logistik im Automobilbau; 1. Auflage; Heidelberg 2010; S. 449

Literaturverzeichnis

Monographien und sonstige selbständige Veröffentlichungen:

Alicke Knut: Planung und Betrieb von Logistiknetzwerken, Unternehmensübergreifendes Supply Chain Management; 2. Auflage; Heidelberg 2005

Aubeck Henz-J.: Wirtschaftsmathematik für Schule und Ausbildung; 2. Auflage; Norderstedt 2012

Bär Jörg: Strategische Beschaffung in kleinen und mittleren Unternehmen, Theoretische Erkenntnisse und empirische Befunde; Hamburg 2011

Bea, Dichtl, Schweitzer: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Bd. 3 Leistungsprozess, 8. Auflage; Stuttgart 2002

Bea Franz-Xaver, Friedl Birgit, Schweitzer Marcell: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Bd. 2 Führung; 9. Auflage; Stuttgart 2005

Fiedler Rudolf: Organisation kompakt; 2. Auflage; München 2010

Fortmann Klaus-Michael, Kallweit Angela: Logistik; 2. Auflage; Stuttgart 2007

Gienke Helmuth, Kämpf Rainer: Handbuch Produktion, Innovative Produktionsmanagement: Organisation, Konzepte, Controlling; München 2007

Graf René: Erweitertes Supply Chain Management zur Ersatzteilversorgung; Essen 2005

Gudehus Timm: Logistik, Grundlagen, Strategien, Anwendungen; 4. Auflage; Heidelberg 2010

Gudehus Timm: Logistik 1, Grundlagen, Verfahren und Strategien; 3. Auflage; Heidelberg 2007

Händler Jürgen (Hrsg.): Betriebswirtschaftslehre für Ingenieure, Lehr- und Praxisbuch; 3., erweiterte Auflage; München 2007

Hentze Joachim, Heinecke Albert, Kammel Andreas: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre aus Sicht des Managements; Bern 2001

Hillebrand Uwe: Stöchiometrie, Eine Einführung in die Grundlagen mit Beispielen und Übungsaufgaben; 2. Auflage; Heidelberg 2009

Hüttner Manfred: Prognoseverfahren und ihre Anwendung; Berlin 1986

Jung Hans: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre; 10. Auflage; München 2006

Kistner Klaus-Peter, Steven Marion: Produktionsplanung; 3. Auflage; Heidelberg 2001

Kiener Stefan, Maier-Scheubeck Nicolas, Obermaier Robert, Weiß Manfred: Produktionsmanagement, Grundlagen der Produktionsplanung und -steuerung; 9. Auflage; München 2009

Klaus Peter, Krieger Winfried: Gabler Lexikon Logistik; 4. Auflage; Wiesbaden 2008

Klug Florian: Logistikmanagement in der Automobilindustrie, Grundlagen der Logistik im Automobilbau; 1. Auflage; Heidelberg 2010

Kopsidis Rallis M.: Materialwirtschaft, Grundlagen, Methoden, Techniken, Politik; 3. Auflage; München 2002

Kummer Sebastian (Hrsg.), Grün Oskar, Jammernegg Werner: Grundzüge der Beschaffung, Produktion und Logistik; 2. aktualisierte Auflage; München 2009

Lödding Herman: Verfahren der Fertigungssteuerung; 2. Auflage; Heidelberg 2008

Mathar Hans-Joachim, Scheuring Johannes: Unternehmenslogistik, Grundlagen für die betriebliche Praxis mit zahlreichen Beispielen, Repetitionsfragen und Antworten; 1. Auflage; Zürich 2009

Mathar Hans-Joachim, Scheuring Johannes: Logistik für technische Kaufleute und HWD, Grundlagen mit Beispielen, Repetitionsfragen und Antworten sowie Übungen; 2. Auflage; Zürich 2009

Melzer-Ridinger Ruth: Materialwirtschaft und Einkauf; Band 1: Beschaffung und Supply-Chain-Management; 4. Auflage; München 2004

Mathar Hans-Joachim, Scheuring Johannes: Logistik für technische Kaufleute und HWD, Grundlagen mit Beispielen, Repetitionsfragen und Antworten sowie Übungen; 2. Auflage; Zürich 2011

Mertens Peter, Rässler Susanne Hrsg.: Prognoserechnung; 6. Auflage; Heidelberg 2005

Papula Lothar: Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler Band 3, Vektoranalysis, Wahrscheinlichkeitsrechnung, mathematische Statistik, Fehler- und Ausgleichsrechnung; 4. Auflage; Wiesbaden 2001

Pfohl Hans-Christian: Logistiksysteme, Betriebswirtschaftliche Grundlagen; 8. Auflage; Heidelberg 2010

Piontek Jochen: Controlling; 3. Auflage; München 2005

Preißler Peter R: Betriebswirtschaftliche Kennzahlen, Formeln, Aussagekraft, Sollwerte, Ermittlungsintervalle; 1. Auflage; München 2008

Sauerbier Thomas: Statistik für Wirtschaftswissenschaftler, Managementwissen für Studium und Praxis; 2. Auflage; München 2003

Schönsleben Paul: Integrales Logistikmanagement, Operations und Supply Chain Management innerhalb des Unternehmens und unternehmensübergreifend; 6. Auflage; Heidelberg 2011

Schulte Gerd: Material- und Logistikmanagement; 2. Auflage; München 2001

Steven Marion: BWL für Ingenieure; 4. Auflage; München 2012

Tempelmeier Horst: Materiallogistik, Modelle und Algorithmen für die Produktionsplanung und -steuerung in Advanced-Planning Systemen; 6. Auflage; Heidelberg 2006

Thonemann Ulrich: Operations Management, Konzepte, Methoden und Anwendungen; 2. Auflage; München 2010

Vahrenkamp Richard: Logistik, Management und Strategien; 5. Auflage; München 2005

Vahrenkamp Richard: Produktionsmanagement; 6. Auflage; München 2008

Voß Werner: Taschenbuch der Statistik; 2. Auflage; München 2004

Wannenwetsch Helmut: Integrierte Materialwirtschaft und Logistik, Beschaffung, Logistik, Materialwirtschaft und Produktion; 4. Auflage; Heidelberg 2010

Wenzel, Fischer, Metze, Nieß: Industriebetriebslehre, Das Management des Produktionsbetriebs; München 2001

Wiendahl Hans-Peter: Betriebsorganisation für Ingenieure; 6. Auflage; München 2008

Sonstige Quellen und übriges Informationsmaterial:

Das Produktprogramm der Firmengruppe Liebherr, Informationsbroschüre, Liebherr International AG 2009

Die Firmengruppe Liebherr, firmeninternes Dokument, 2011

Die Geschichte der Firmengruppe, firmeninternes Dokument, 2011

Geschichte LWT, firmeninterne Präsentation, 2006

Liebherr Logistics Gesellschaft (LLG): Projekt Kick-Off, LHB 19.09.2011

Produktspektrum und Fertigungsstandorte der Firmengruppe, firmeninternes Dokument, 2011

Prognoserechnung; firmeninternes Dokument der LHB, 07.02.2012

Tauschkomponenten von Liebherr, Informationsbroschüre LHB/ET 8718761-2-04.10; LHB 2010

Zahlen und Fakten zur Firmengruppe, firmeninternes Dokument, 2011

Internetquellen:

Liebherr-Homepage: www.liebherr.com

Online Firmenbuch: www.firmenabc.at

Anhang

Anhang 1

Ersatzteil-Verbrauchswerte der letzten Monate für die Eckschneide links (Id. 9183110) und Eckschneide rechts (Id. 9183109) aus dem LWT-ERP-System, abgefragt am 21.03.2012.

Verbrauchswerte für Ersatzteile oder Serien abfragen			Firma: 215
<u>Artikelcode</u>	: 9183110	ECKSCHNEIDE LINKS	
<u>Lager</u>	: 9WH LWT		
<u>Periode</u>	Serienverbrauch	ET-Verbrauch	
201012	3	12	
201101	1		
201102	2	19	
201103	7	16	
201104	6	19	
201105	2	16	
201106	1	33	
201107	3	27	
201108		14	
201109	3	13	

	35,00	217,00	Auswahl: ■.

Verbrauchswerte für Ersatzteile oder Serien abfragen			Firma: 215
<u>Artikelcode</u>	: 9183110	ECKSCHNEIDE LINKS	
<u>Lager</u>	: 9WH LWT		
<u>Periode</u>	Serienverbrauch	ET-Verbrauch	
201105	2	16	
201106	1	33	
201107	3	27	
201108		14	
201109	3	13	
201110	1	13	
201111	7	17	
201112	1	18	
201201	2	15	
201202	2	16	

	35,00	217,00	Auswahl: ■.

Verbrauchswerte für Ersatzteile oder Serien abfragen			Firma: 215
<u>Artikelcode</u>	: 9183109	ECKSCHNEIDE RECHTS	
<u>Lager</u>	: 9WH LWT		
<u>Periode</u>	Serienverbrauch	ET-Verbrauch	
201012	3		
201101	1	5	
201102	2	25	
201103	7	15	
201104	6	25	
201105	2	10	
201106	1	25	
201107	3	25	
201108		20	
201109	3	15	

	35,00	185,00	Auswahl: ■.

Verbrauchswerte für Ersatzteile oder Serien abfragen			Firma: 215
<u>Artikelcode</u>	: 9183109	ECKSCHNEIDE RECHTS	
<u>Lager</u>	: 9WH LWT		
<u>Periode</u>	Serienverbrauch	ET-Verbrauch	
201105	2	10	
201106	1	25	
201107	3	25	
201108		20	
201109	3	15	
201110	1	10	
201111	7	15	
201112	1	10	
201201	2	15	
201202	2		

	35,00	185,00	Auswahl: ■.

Anhang 2

Ersatzteil-Verbrauchswerte der letzten Monate für das Servicepaket Europa 1000/2000 BH (Id. 9413234) aus dem LWT-ERP-System, abgefragt am 26.03.2012.

Verbrauchswerte für Ersatzteile oder Serien abfragen			Firma: 215
<u>Artikelcode</u>	: 9413234	SERVICEPAKET EUROPA	
<u>Lager</u>	: 9WH LWT		
<u>Periode</u>	Serienverbrauch	ET-Verbrauch	
201007		10	
201010		6	
201011		5	
201012		10	
201102		5	
201103		10	
201105		10	
201106		9	
201107		26	
201108		20	

	0,00	145,00	Auswahl: <input type="checkbox"/> .

Verbrauchswerte für Ersatzteile oder Serien abfragen			Firma: 215
<u>Artikelcode</u>	: 9413234	SERVICEPAKET EUROPA	
<u>Lager</u>	: 9WH LWT		
<u>Periode</u>	Serienverbrauch	ET-Verbrauch	
201103		10	
201105		10	
201106		9	
201107		26	
201108		20	
201109		18	
201110		8	
201111		14	
201201		10	
201202		20	

	0,00	145,00	Auswahl: <input type="checkbox"/> .

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Inzing, den 03. Mai 2012

Ing. Wagner Christian